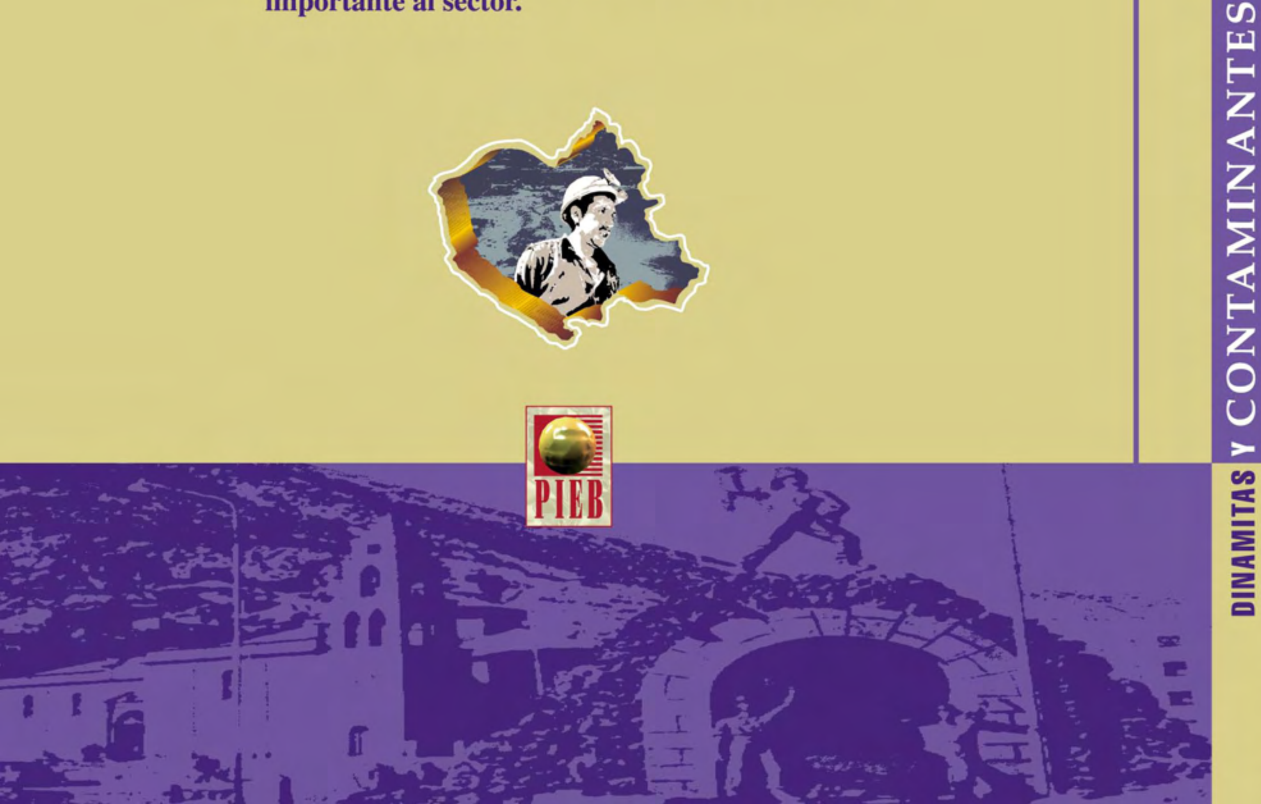
**La minería cooperativizada, que ha cobrado en Bolivia mayor importancia social y económica tras la crisis general de la minería estatal, puede convertirse en una importante fuente de empleo y generación de riqueza. Pero, a condición de que se la apoye en la variada problemática que enfrenta, en especial aquélla referida a la protección del medio ambiente, aspecto del cual se encarga esta investigación, como un aporte importante al sector.**








PIEB

ORURO

DINAMITAS Y CONTAMINANTES

investigaciones regionales

# DINAMITAS Y CONTAMINANTES

## cooperativas mineras y su incidencia en la problemática ambiental


**Hans Möeller S.**
Elvys Trujillo L. Nelly Soria P.
Yovana Soria P.


PIEB

# Dinamitas y contaminantes. Cooperativas mineras y su incidencia en la problemática ambiental

INVESTIGACIONES REGIONALES

# Dinamitas y contaminantes. Cooperativas mineras y su incidencia en la problemática ambiental

Hans Möeller Schroeter

Elvys Trujillo Lunario
Nelly Soria Pinaya
Yovana Soria Pinaya

Edgar Choque Apaza
Francisca Jacinto Eulate




Dirección de Postgrado
e Investigación Científica
de la Universidad Técnica de Oruro




Centro de Ecología
y Pueblos Andinos




Programa de Investigación
Estratégica en Bolivia

La Paz, 2002

Esta publicación cuenta con el auspicio del Directorio General para la Cooperación Internacional del Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos (DGIS).

Möeller S., Hans

Dinamitas y contaminantes. Cooperativas mineras y su incidencia en la problemática ambiental / Hans Moeller S.; Elvys Trujillo Lunario; Nelly Soria Pinaya; Yovana Soria Pinaya; Edgar Choque Apaza; Francisca Jacinto Eulate. — La Paz : FUNDACIÓN PIEB, Julio 2002.
xviii.; 158 p. , maps., tbls. ; 21 cm. — (Investigaciones Regionales ; no. 7)

D.L. : 4-1-980-02
ISBN: 99905-68-02-2 : Encuadernado

MINERÍA / COOPERATIVAS DE PRODUCCIÓN / CONTAMINACIÓN / PRODUCCIÓN MINERA / MEDIO AMBIENTE / ORURO
**1.** título **2**. serie


Edificio Fortaleza, Piso 6, Of. 601
Av. Arce Nº 2799, esquina calle Cordero, La Paz
Teléfonos: 243 25 82 - 243 52 35
Fax: 243 18 66
Correo electrónico: fundapieb@unete.com
website: www.pieb.org
Casilla postal: 12668

Diseño gráfico de cubierta: Alejandro Salazar

Edición: **entrelíneas.** COMUNICACION EDITORIAL
Iván Vargas

Producción: Editorial Offset Boliviana Ltda.
Calle Abdón Saavedra 2101
Tels.: 241-0448 • 241-2282 • 241-5437
Fax: 242-3024 – La Paz - Bolivia

*Impreso en Bolivia*
*Printed in Bolivia*

# Índice

# Presentación

Más de 70 representantes de instituciones del Estado, universitarias, eclesiales, instituciones privadas de desarrollo social, cooperación internacional e investigadores independientes, vinculados al desarrollo del departamento de Oruro, identificaron en noviembre de 1999 las prioridades de investigación en la región.

El proceso fue organizado como paso previo al lanzamiento de la Convocatoria Regional Oruro, modalidad con la que el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB) busca generar oportunidades para investigar y formar a nuevos investigadores en aquellas regiones alejadas del eje troncal.

Minería, metalurgia y medio ambiente; desarrollo rural, migración e identidades étnicas; comercio y economía informal; Estado y actores sociales; turismo, producción artesanal y microempresa fueron los ejes temáticos identificados como prioritarios para lanzar el concurso, con el apoyo de la Dirección de Postgrado e Investigación Científica (DPIC) dependiente de la Universidad Técnica de Oruro (UTO) y el Centro de Ecología y Pueblos Andinos (CEPA).

Se presentaron a la Convocatoria Regional Oruro, lanzada en diciembre del mismo año, 68 proyectos que involucraron a más de 200 investigadores. Se trata, hasta ahora, de la convocatoria regional del PIEB con mayor número de concursantes. De éstos, ocho proyectos fueron favorecidos con el financiamiento respectivo para investigar temas considerados prioritarios para la región.

Como parte de la línea de difusión y uso de resultados, y de la política del PIEB de democratizar los conocimientos adquiridos, en septiembre de 2001 se presentaron los principales hallazgos de estas investigaciones en un coloquio que contó con la participación

de sujetos de investigación, operadores de políticas públicas, académicos, universitarios y otros sectores de la sociedad civil.

El PIEB ahora pone a consideración de sus lectores siete de estos estudios publicados en su Serie Investigaciones Regionales. *Tras las huellas del Tambo Real de Paria; Dinamitas y contaminantes. Cooperativas mineras y su incidencia en la problemática ambiental*; *Efectos ambientales y socioeconómicos por el derrame de petróleo en el río Desaguadero*; *Ventajas comparativas y competitivas del comercio regional orureño; Tierra y territorio*: *thaki en los ayllus y comunidades de ex hacienda*; *Del proceso de acompañamiento hacia la autogestión de sistemas de riego; Minería y comunidades campesinas en los Andes. ¿Coexistencia o conflicto?* Estos trabajos ofrecen importantes datos que aportan al desarrollo de Oruro; por otro lado, la rigurosidad de sus planteamientos, los convierte en el referente para otros estudios.

Gilberto Pauwels, director del CEPA, institución que junto a la DPIC acompañó al PIEB en todo este proceso, aseguraba que ésta es la primera vez en la historia del Departamento que en tan poco tiempo estudiosos orureños han podido iluminar tantas facetas de lo que se vive y se piensa en su propio ambiente.

Esperamos, en ese sentido, que estas publicaciones contribuyan con información valiosa a la reflexión, y se constituyan en insumos para la discusión de políticas públicas a favor de Oruro.

Godofredo Sandoval
**Director Ejecutivo del PIEB**

# Prólogo

La minería ha sido el principal soporte de la economía de Bolivia a lo largo de su historia. Son famosas las riquezas en oro y plata de las culturas de Tiwanacu e incaica, que también se distinguen por la tecnología utilizada en la minería y metalurgia de los metales. Atraídos por estas riquezas llegan en el siglo XVI los españoles, que en los primeros años de la época colonial española descubren los famosos yacimientos argentíferos del Cerro Rico en Potosí. La explotación del Cerro Rico, la refinación de la plata y posteriormente la acuñación de monedas estimulan el desarrollo de la ciudad de Potosí, que llega a tener una población de 200.000 habitantes a mediados del siglo XVII, convirtiéndose en esta época en la ciudad más grande de Sudamérica y una de las más populosas del mundo.

El año 1860 se inicia en Bolivia la explotación del estaño. Su producción aumenta rápidamente de unas 100 toneladas finas en 1861 a casi 10.000 toneladas en 1900, año en el que el estaño desplaza a la plata como el principal mineral de exportación. Gracias a la explotación de minerales, especialmente en Potosí, Oruro y parte de La Paz, Bolivia consolida durante el siglo XX su posición a nivel mundial como uno de los principales productores y exportadores de estaño, tungsteno, antimonio y bismuto.

Hasta principios de los años ochenta del siglo pasado, la minería contribuía con más del 50% a las exportaciones y por tanto fue la principal fuente de divisas. Sin embargo, en estos años empieza a disminuir la demanda mundial por los metales pesados; las industrias manufactureras, automovilísticas y otras en el mundo y muy particularmente en los países altamente desarrollados, tratan de utilizar materiales más livianos y de aplicar procesos que consumen menos energía, empleando cada vez más materiales no metálicos o metales livianos como el aluminio, el titanio y el magnesio, que no se producen

en Bolivia. Como consecuencia de esta evolución han caído los precios de muchos minerales metalíferos, incluidos la mayoría de los que exporta Bolivia. A esto se suma la incapacidad de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), que jugó un papel predominante en la minería del país después de la revolución de 1952, de viabilizar renovaciones tecnológicas e inversiones para encontrar nuevos depósitos de minerales y modernizar los procesos metalúrgicos.

En 1985, tras el colapso del Consejo Internacional del Estaño, se produce la llamada crisis del estaño, que golpea duramente a la minería y a la economía de Bolivia en general. Las distintas medidas tomadas por el Poder Ejecutivo y Legislativo a partir de 1985 llevan a cambios notorios en el panorama minero nacional, entre los que se destacan la disminución de la importancia del sector estatal y el aumento de la minería chica y de las cooperativas mineras. La COMIBOL, antes de 1985, ocupaba hasta unos 30.000 mineros, pero con el Decreto Supremo 21060, que cambia el modelo económico de Bolivia, se reduce el número de puestos de trabajo a menos de 10.000, lo que genera una masiva desocupación en el sector minero. Con el tiempo, la mayoría de los mineros despedidos logran reunirse en cooperativas y como consecuencia de ello crece el número de cooperativistas, de unos 35.000 asociados en 1986 a más de 60.000 miembros en un período de sólo cinco años.

Muchas de las cooperativas mineras trabajan en condiciones precarias, utilizando tecnología obsoleta e ineficiente que no garantiza una adecuada seguridad ocupacional y menos la protección del medio ambiente. La investigación realizada por el Lic. Hans Moeller y su equipo, que se publica en este libro, enfoca justamente esta problemática. En la primera parte del trabajo se revisa el marco general de las cooperativas mineras, analizando las bases legales del cooperativismo y su relación con las leyes mineras y obligaciones tributarias. Se evalúan las dificultades para adecuarse —bajo los principios del cooperativismo— al nuevo marco legal establecido por las leyes que regulan los sectores minero y ambiental. Por otro lado, se resalta la importancia económica de las cooperativas mineras en el departamento de Oruro y se describen las características socioeconómicas, incluyendo aspectos demográficos, calidad de vida, situación ocupacional y las estrategias económicas.

En una segunda parte del estudio, se presenta un breve marco referencial de la minería y las cooperativas mineras en Bolivia, para luego describir las tres subcuencas elegidas como área de estudio, que son Huanuni, Santa Fe y Poopó. Esta descripción

incluye aspectos ambientales como la geografía, clima, fisiografía, residuos minerales e indicadores biológicos de contaminación; además se incluye una caracterización de la producción minera, indicando el tipo de yacimiento, capacidad de producción y tecnología utilizada por las cooperativas en la explotación y concentración de minerales.

Como tema central, el estudio evalúa los impactos causados por las actividades de las cooperativas mineras en sus diferentes etapas, considerando los sistemas de explotación, tecnología y procesos metalúrgicos empleados. Se proporcionan datos detallados sobre el manejo de sólidos, volúmenes de colas y tipos de contaminación de los diferentes tipos de residuos que se generan. También se presentan análisis químicos de metales pesados y otros factores de contaminación de ríos, aguas utilizadas en los ingenios y de las descargas, lo que permite calcular la carga contaminante de cada ingenio estudiado. Los resultados son comparados con los estándares de la legislación boliviana y se estiman los riesgos ambientales y el impacto en la salud.

El estudio aporta con importantes ideas para mejorar la situación del cooperativismo minero. Entre otros, se propone la implementación de un Plan Integral de Desarrollo para las Cooperativas Mineras de Oruro, que pretende mejorar la organización de las cooperativas, su funcionamiento y las formas de explotación y procesamiento, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo y la calidad de vida de las familias mineras, cuidando al mismo tiempo el medio ambiente. Este nuevo sistema de producción, según la propuesta, requiere del apoyo estatal a través de la Prefectura, puesto que incluye obras y medidas ambientales de magnitud, como la construcción de diques de cola y tratamiento de agua de mina.

Para concluir, deseo recomendar la lectura del libro a todos los interesados en el cooperativismo minero y su problemática socioambiental.

Hans Salm
**Ing. Químico**

*Tú que no sabemos quién eres; tú que has leído estas líneas que son fruto de nuestra preocupación, escucha: preservar y conservar el hábitat que dejaremos como herencia a las generaciones venideras es responsabilidad de todos. Evita entonces dañar, no sólo tu salud física, sino también la salud de la naturaleza.*

# Introducción

Quienes pensaron que con la promulgación del Decreto Supremo 21060, que casi puso fin a la actividad minera estatal, se estaba también acabando con la explotación minera de manera general, y por lo tanto dispersando a los trabajadores que hasta ese momento habían vivido de la riqueza mineralógica que posee nuestro país, se equivocaron. Si bien es evidente que muchos trabajadores mineros, cargados de esperanzas y de los pocos bienes que poseían, emprendieron, junto con sus familias, migraciones hacia las capitales departamentales en busca de mejor fortuna, también es cierto que muchos se quedaron y se organizaron en grupos cooperativos para seguir viviendo de la explotación minera.

Quizá por la relación que tiene el minero con la tierra, que lo liga a la fuerza telúrica de la naturaleza, y que crea una influencia mutua; o porque "el tío" quiso seguir teniendo sobrinos con quienes departir, lo real es que la explotación de minerales, que desde tiempos inmemoriales fue una actividad importante y factor dinamizador de la economía nacional, sigue constituyendo una de las más importantes fuentes generadoras de trabajo y de ingresos económicos, especialmente en Oruro, Potosí y parte de La Paz, pero abarcando también una parte importante del oriente boliviano.

Los trabajadores que, junto a sus familias, fueron marginados por diferentes causas de la minería estatal, o los campesinos que están asentados cerca de los centros mineros, donde la sequía no permite la producción agrícola, se han organizado en cooperativas y siguen dedicándose a la explotación minera para beneficio no sólo de ellos sino también de otros, pues directa o indirectamente generan otras fuentes de ingresos colaterales a esta actividad.

La importancia del sector se puede ver en dos datos: su aporte al PIB (Producto Interno Bruto) departamental, estimado en 30%, y la absorción de mano de obra minera, que llega al 83% (Oruro. Prefectura del departamento, 2000. Plan departamental de desarrollo económico y social).

Siendo ésta una actividad importante para nuestro desarrollo económico, es imprescindible mejorar no sólo su organización y funcionamiento, sino también las formas de explotación, que deben estar ajustadas a la economía jurídica vigente, a las condiciones ambientales y a la utilización de la tecnología, aspectos todos que repercuten en el rendimiento productivo y el cuidado del medio ambiente. También se debe buscar formas de comercialización más efectivas y canales de financiamiento para una mejor exploración y explotación de los recursos mineralógicos a cargo de los cooperativistas mineros, dotando a éstos de los materiales y herramientas necesarios.

El objetivo es desde luego que el minero cooperativista alcance una mejor calidad de vida, no otra cosa que una categoría psicosociológica que se refiere al bienestar subjetivo de las personas en relación con la satisfacción de sus necesidades económicas, de salud, de educación. Por ello consideramos que estas cooperativas deben convertirse en grupos productivos de calidad, lo que significa también entregar productos de calidad. Este proceso requiere de ideas de mejoramiento, de innovación, inscritas en la filosofía de las cooperativas, que llevarán a todos a un mejoramiento colectivo.

La actividad minera desarrollada por las cooperativas tiene, por supuesto, efectos ambientales. Si bien es beneficiosa y contribuye a crear fuentes de trabajo y generar recursos, trae consigo problemas y riesgos medioambientales, sobre todo por las formas de explotación que practica, lo que tiene como consecuencia una preocupante contaminación. El problema no tiene, desde luego, la misma proporción que en la minería grande y mediana, pero no por ello debe ser desatendido.

Actualmente, la actividad minera cooperativa demuestra, pese a las dificultades, el suficiente empuje y dinámica como para sustentar el crecimiento y desarrollo de las familias que trabajan en el sector. Ello también repercute positivamente en el sistema económico y social de las regiones donde se desarrollan las cooperativas, tanto en el departamento de Oruro como en el resto del país.

También es preciso destacar la naturaleza concentradora y no excluyente de las cooperativas, aspecto que hace tanto más importante generar las condiciones adecuadas para su desarrollo y funcionamiento dinámicos. Es vital que esta actividad productiva

continúe generando nuevas fuentes de trabajo, usando para ello el tradicional ingenio y creatividad que han demostrado los cooperativistas para lograr ingresos económicos razonables, efectuando gastos relativamente bajos en las actividades operativas. Sin embargo, existe al mismo tiempo la necesidad de superar el trabajo manual y mecanizado que hace que estas unidades no puedan desarrollarse en mayor medida, ni introducir nuevas tecnologías que permitan tanto un proceso sostenible de explotación minera como la necesaria adaptación a los cambios que se han presentado con la implementación de las normas medioambientales.

En este contexto, no está demás recordar algo obvio: que los recursos minerales no son renovables, y que técnicamente los yacimientos de las minas de explotación subterránea tienen una vida determinada, lo que obliga a pensar y/o sugerir alternativas socioeconómicas para que las cooperativas puedan diversificar sus actividades con iniciativas comerciales y microempresariales.

Todos estos aspectos se consideraron en la presente investigación, para lo cual se ha recurrido al enfoque metodológico descriptivo y analítico, utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas.

Primero efectuamos un diagnóstico preliminar y general de las cooperativas del departamento de Oruro. Luego, para la selección de sujetos de estudio, consideramos como variables el tipo de explotación minera (estaño y complejos de plomo, plata y zinc), el número de socios y la ubicación geográfica.

Para la realización del análisis propiamente dicho, consideramos imprescindible acceder a un conocimiento íntimo de la realidad de las cooperativas y sus socios, identificando las características de trabajo y organización con las que se desenvuelven. La investigación está expuesta en varios capítulos, cada uno de ellos haciendo énfasis en un tema determinado, para luego llegar a conclusiones correlacionadas y lograr una visión integral de las características más importantes así como formular propuestas de solución para los problemas.

El primer capítulo se refiere a la metodología y el marco teórico que este trabajo ha adoptado. Desarrolla los principales conceptos teóricos que se aplican en los ejes temáticos tratados: gestión cooperativa, sistemas de producción minera, problemática medioambiental, y concluye con el desarrollo de la metodología aplicada.

En el segundo capítulo planteamos las dificultades que enfrenta el sector para adecuarse al nuevo escenario legal, fundamentalmente en el cumplimiento de las

leyes mineras y medioambientales. Las dificultades observadas se refieren a la falta de conocimiento de las disposiciones, la aplicabilidad parcial de los principios del cooperativismo, los obstáculos que supone la idiosincrasia cultural de los cooperativistas, la lógica de inversión, la comercialización, que presenta severas desventajas para el cooperativista y que no condice con el sacrificio efectuado en el proceso de explotación, y la falta de recursos económicos, que repercute en la calidad de vida de los cooperativistas.

El capítulo tercero introduce un acercamiento general a la realidad socioeconómica y productiva de las cooperativas de la zona. Describimos los antecedentes, la situación geográfica y el sistema de producción de las cooperativas mineras en estudio, desde su organización laboral hasta la comercialización de los minerales, pasando por la descripción de la cadena productiva de la minería cooperativizada y los tipos de explotación.

El cuarto capítulo constituye el meollo central de la investigación, pues se refiere a la situación actual medioambiental en las varias cooperativas que estudiamos. Por otra parte, presentamos los resultados de los análisis concretos realizados en las minas, respecto de las cargas estimadas de elementos nocivos resultado de la actividad productiva, con base en los análisis químicos de los parámetros y los caudales de referencia, para determinar el grado de contaminación de cada subcuenca.

La investigación evalúa además la capacidad productiva de las cooperativas que no logran adecuarse a las disposiciones ambientales y mineras que rigen al país. Al mismo tiempo analiza los efectos que tienen estas disposiciones en la situación socioeconómica de las cooperativas.

Finalmente, en el último capítulo, dedicado a emitir nuestras conclusiones, visualizamos la situación de las cooperativas mineras existentes en las subcuencas de Huanuni, Santa Fe y Poopó del departamento de Oruro, en cuanto a producción y contaminación, considerando la Ley del Medio Ambiente, que se traduce en propuestas de explotación e introducción de nuevas tecnologías que generen menor contaminación. Citamos además la necesaria participación estatal a través de políticas y un Plan Estratégico de Desarrollo exclusivo para las Cooperativas Mineras de Oruro, con el fin de mejorar el sistema de producción y minimizar o mitigar, en su caso, la incidencia negativa de la actividad en la problemática del medio ambiente.

CAPÍTULO UNO

# Conceptos y metodología

## 1. Balance del estado de la investigación

A pesar de la inexistencia de investigaciones realizadas en torno a las cooperativas mineras, los sistemas de producción y el tema medioambiental en Bolivia, especialmente en el departamento de Oruro, encontramos algunos avances logrados de manera específica y más bien aislada. Es el caso de las varias investigaciones realizadas por el Centro Diocesano de Pastoral Social y el Centro de Investigación y Servicio Popular, que sostienen que el tipo rudimentario de producción, extracción y concentración limita las utilidades de los cooperativistas, llegando a cubrir éstas sólo los gastos de comercialización.

Por otra parte, estas investigaciones, en los últimos tres años, han dado como resultado varios documentos dirigidos a implementar acciones en las cooperativas mineras con relación al tema de las disposiciones legales y su reglamentación en el tema medioambiental.

Un aspecto importante de nuestro trabajo está referido a la problemática del desarrollo regional. Para ello consultamos los resultados del Proyecto Bol-95011, trabajo elaborado conjuntamente por las Naciones Unidas y la Secretaría Nacional de Minería, el mismo que enfatiza el programa de desarrollo en zonas deprimidas del occidente boliviano y analiza sus indicadores macroeconómicos.

Otro de los documentos de relevancia al que tuvimos acceso fue el libro *Oruro, del desastre a la esperanza medioambiental*, de Marthadina Mendizabal de Finot, que constituye una verdadera llamada de atención sobre la problemática medioambiental en Oruro, en tanto departamento que basa su desarrollo en la producción de minerales de plata y estaño. En este trabajo se advierte, por ejemplo, sobre el

agudo problema medioambiental que significa la explotación residual de las colas y desmontes que son aún trabajados, y que están acelerando la contaminación de los ecosistemas de Oruro.

El Proyecto Piloto de Oruro (1994-1996), por su parte, contiene resultados técnicos y un Plan de Gestión Ambiental con una base de datos de 150.000 referencias; en el proyecto se incorpora el principio de desarrollo sostenible adecuado a lograr cambios estructurales en el país. Este estudio ratifica indirectamente los vínculos existentes entre pobreza y degradación ambiental, y concluye indicando que la solución a los problemas ambientales sólo será posible a través del desarrollo económico, proceso en el cual la minería, como principal actividad de la región, deberá tener un rol protagónico. Identifica además nueve problemas ambientales relevantes:

- Generación de ácido de rocas.
- Contaminación y riesgos de los reservorios de agua subterránea.
- Degradación.
- Escasez de agua potable en la ciudad y comunidades rurales.
- Contaminación del aire.
- Contaminación del suelo.
- Manejo de aguas residuales.
- Residuos sólidos.
- Residuos minerales de riesgo en el área de localidades mineras.

Por su parte, el Banco Mundial, en su Informe confidencial número 16760-BO, resalta el marco estatal y las acciones tributarias como factores importantes para el mejoramiento de la gestión ambiental en Bolivia. También realiza una identificación de los problemas ambientales y formula una pregunta trascendental: ¿cómo ejercer el control de la contaminación al explotar los recursos naturales? Entre las sugerencias que plantea, está la de hacer inversiones al respecto, pero fundamentalmente la de buscar la consolidación del marco de la gestión ambiental.

Debido a las serias implicaciones que tiene el tema en el entorno natural, el mismo informe da orientaciones con relación a lo que se debe restringir o ampliar, y fija posiciones respecto a los vínculos de la actividad económica con el tema de la protección del medio ambiente, así como las dificultades de su aplicación en situaciones de pobreza.

Este estudio fue realizado en octubre de 1997 y difundido en 1999. Señala pautas prácticas para la aplicación de una política medioambiental aplicada al sector minero de Bolivia. Comprende un análisis de la situación conflictiva existente entre el medio ambiente y la minería, en el que se identifican los sitios precisos del departamento de Oruro donde el daño por contaminación exige un remedio urgente. El estudio también contempla a los pasivos ambientales que quedaron dispersos después de la intensa explotación minera que vivió la región durante muchas décadas, comprendidos los impactos negativos que provoca tanto en la salud humana como en los ecosistemas. Además, considera la actual fase de la capitalización, especialmente en la firma de contratos medioambientales en los casos de explotación de minerales pesados y aquellos otros en los que está involucrada la consistencia ácida de las aguas. Plantea, por otra parte, que el sector privado y cooperativo participe más directamente en la preocupación, a fin de evitar la contaminación de aguas potables y lagos, recordando finalmente la urgencia de la educación ambiental.

El trabajo realizado en 1998 por la Fundación Bolinvest bajo el título *Minería y medioambiente,* analiza los procedimientos legales existentes para su aplicación en la gestión ambiental de la minería, siendo primordial para la presente investigación, porque registra la mayor parte de las disposiciones legales que rigen la actividad minera en relación con el medio ambiente, así como también los procedimientos a seguir de acuerdo a la letra de las leyes. Contempla también los requisitos y trámites necesarios para la obtención de la licencia ambiental, obligaciones tales como las referidas al manejo del agua y los residuos sólidos.

En su libro *Los límites y oportunidades para un desarrollo sostenible*, Eduardo Gudynas también analiza las formas en que Bolivia puede insertarse en el actual sistema económico de innovación, realizando las necesarias reformas y transformaciones dirigidas a posibilitar un desarrollo sostenible. Al mismo tiempo plantea los cambios necesarios para afrontar los desafíos a pesar de las desigualdades y resolver el riesgo permanente de contaminación medioambiental, dado el actual contexto de globalización.

Otros trabajos de investigación, como *Limitantes del crecimiento económico de las cooperativas mineras del departamento de Oruro*, de Mario Ladislao Vásquez, enfocan la coyuntura del modelo neoliberal, poniendo énfasis en la falta de políticas mineras emitidas por el Estado nacional y en la deficiente gestión interna, debido a la tendencia ideológica imperante que deviene en la incompatibilidad entre el modelo neoliberal y la doctrina cooperativa.

Estas limitaciones tienen origen y causa en factores tales como la carencia de apoyo en la canalización de recursos financieros, poca inversión productiva, falta de renovación de los medios de producción y de capacitación técnico-administrativa, lo que dificulta en su conjunto una buena gestión cooperativa. Por lo tanto, el trabajo concluye en que la consolidación de las cooperativas mineras viene a ser una responsabilidad interna que debe cristalizar a través de estrategias que generen las mismas entidades asociadas, pero considera también que el Gobierno debe implementar una política de fomento al crecimiento del sector y motivar su funcionalidad en el nuevo modelo económico.

## 2. Doctrina del cooperativismo

Para Delgado (1985), la doctrina del cooperativismo se basa en cuatro conceptos centrales, que pasamos a reseñar:

- Cooperación. Surge por la necesidad común del hombre de unirse con otros de manera voluntaria para resolver sus problemas económicos y sociales, haciendo un trabajo colectivo y controlado en conjunto para obtener beneficios igualmente colectivos.
- Cooperativa. Asociación libre de personas en una empresa económica, con administración democrática y beneficio común. Sintetizando, se trata de una asociación libre de personas y una empresa económica al mismo tiempo.
- Cooperativismo. Es propiamente la filosofía que soporta a las cooperativas, que se basa en la cooperación, en la ayuda mutua en el trabajo. En consecuencia de ello es que se establecen las cooperativas de producción y servicio, y en general las que funcionan en diferentes otros campos, con la meta única de solucionar las necesidades del hombre elevando su nivel de vida, mediante la doctrina y métodos cooperativos.
- Movimiento cooperativo. El cooperativismo no sólo inspira y trabaja con las sociedades cooperativas, sino también con otras instituciones que tienen relación con actividades estatales, semiestatales y privadas, todas con el objeto de formar un nuevo sistema económico social. Ese trabajo mancomunado e interrelacionado se denomina movimiento cooperativo y se basa en la filosofía cooperativista comentada arriba.

La teoría cooperativa nace como consecuencia de las propias labores y actividades de la población, como resultado ordenado de la importancia y las proyecciones que cobra la asociación de los seres humanos. No se limita a juzgar lo real sino con un sentido crítico, y orienta los caminos de la acción en la solución de problemas económicos y sociales. En suma, se propone "formar cooperadores antes de crear cooperativas". Creemos que ésta debe ser la consigna del momento en nuestro medio, particularmente en el sector minero.

Como se ha señalado ya, la palabra y el concepto "cooperación" significan la acción y el efecto de cooperar, es la "sociedad formada para comprar o vender en común" (CEPROMIN, 1989) Por su parte, Boettcher (1989) basa su definición en dos elementos importantes:

- Es un grupo de sujetos económicos que tienen calidad de miembros o socios.
- Mantienen o dirigen comunitariamente una empresa.

Una definición que a nuestro parecer es más exacta, es formulada por la Alianza Cooperativa Internacional:

> Una cooperativa es una asociación autónoma de personas que se han unido de forma voluntaria para satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales en común mediante una empresa de propiedad conjunta y gestión democrática.

Esta definición fue planteada en el Congreso Internacional de Manchester, realizado por la mencionada entidad en septiembre de 1995. (ACI, 1985)

Ya en un contexto nacional, la definición que adopta CEPROMIN reza:

> Las cooperativas mineras por su origen, por su historia, por la predominancia de ex obreros como base social y por las condiciones en que el sistema dominante las mantiene, son organizaciones subsidiarias (o de apoyo) del capitalismo minero (estatal y privado) con tendencia a afirmarse como organismos de transición, del capitalismo al socialismo. (CEPROMIN, 1989: 30)

Pensamos, sin embargo, que en la realidad estos conceptos y principios no se aplican como tales, ya que en las cooperativas existe la tendencia al trabajo de producción individual, que implica tener ingresos propios no compartidos con aquellos

que no cuentan con ingresos seguros. Al mismo tiempo, tal tendencia desvirtúa el principio filosófico del cooperativismo.

### 2.1. Aspectos productivos

Un sistema de producción es el conjunto de varias actividades que interactúan entre sí, teniendo como base principios y normas establecidos. Así, en la actividad cooperativa minera interactúan principalmente la exploración, explotación y concentración de los minerales. Nuestra investigación sólo tomó en cuenta las dos últimas actividades, ya que ninguna cooperativa estudiada efectúa trabajos de exploración minera. Sin embargo, señalemos como un indicador positivo el hecho de que recientemente en Huanuni se ha comenzado a incursionar en esta labor prospectiva.

Para René Velasco F., la fase de la explotación "es la culminación del trabajo de conjunto bien ejecutado durante las operaciones de reconocimiento, desarrollo y preparación, con conocimiento técnico, dedicación y visión minera." (Velasco, 1977: 95) Esta labor de explotación comprende las tareas de perforación, voladura, transporte, ventilación y seguridad industrial.

Por otro lado, la fase de la concentración comprende tanto "todos los procesos de tratamiento de minerales brutos a concentrados comercializables, que pueden ser mecánicos (método gravimétrico), en los cuales no cambia la sustancia de los minerales, como también procesos químicos en los cuales el mineral fino es transformado en otras combinaciones químicas." (Priester et al., 1992: 215) Por otro lado, también comprende "la separación del material valioso del estéril para fines de enriquecimiento." (Ibíd.) Añadamos que también pertenecen a este proceso los trabajos de preparación y tratamiento posterior como ser la trituración, la clasificación, el secado, etc.

En algunas cooperativas mineras este proceso se realiza en forma manual y en otras mecanizada, diferenciándose ambas formas de trabajo por la economía de las entidades cooperativas así como por la infraestructura con la que cuentan.

## 3. Medio ambiente

El concepto de medio ambiente "comprende todos los factores no vivos (o abióticos) y vivos (o bióticos) que determinan la existencia de un organismo" (Morales, 1990: 136).

## 3.1. Impacto medioambiental

Por impacto medioambiental esta investigación entiende la posible o manifiesta perturbación, efecto positivo o negativo, secuela o pérdida de algún elemento natural, de varios o del conjunto en general, provocado sobre un ecosistema natural o ambiente humano, producto de la acción humana.

Los parámetros de evaluación de tales impactos se basan en la reglamentación que a propósito existe con relación a la contaminación hídrica, y que son enunciados en el Anexo 2, donde se muestran las clases de cuerpos de agua según uso.

## 3.2. Principales contaminantes

La información sobre toxicidad se ha obtenido de la revisión bibliográfica, concretamente de *Minería o medio ambiente, el gran dilema,* de Ricardo Zelaya, y *Procesos mineros e impactos ambientales,* de Jorge Greene Muñoz.

Los principales compuestos asociados a la minería que afectan a la salud son:

Arsénico: Este elemento pasa del aire al suelo y al agua, y no se degrada. Su principal vía de entrada al cuerpo humano es por la boca; a través de su inhalación entra a los pulmones e ingresa a la sangre. Estudios epidemiológicos indican que tiene acción cancerígena, pero no se ha encontrado ninguna prueba de que diluido en el agua potable adquiera tal carácter nocivo. En niveles bajos de exposición, el arsénico puede generar irritación de la vía digestiva, provocando dolor, náuseas, vómitos y diarreas. También se afirma que la inhalación de polvos o vapores de arsénico puede aumentar el riesgo de contraer cáncer en el pulmón. De todas formas, se considera prudente mantener al mínimo la concentración de arsénico en el agua potable.

Cadmio: Resultados obtenidos en animales de experimentación indican que cantidades pequeñísimas de cadmio pueden tener efectos tóxicos sobre el riñón y el aparato circulatorio. El grado de toxicidad puede depender de la presencia de otros elementos, como el zinc y el selenio. El cadmio puede tener origen natural o industrial. Su ingestión prolongada puede manifestarse bajo la forma de enfermedades óseas, problemas gastrointestinales, anemia, daño renal y trastornos hepáticos. Como el níquel y el plomo, puede ser causa probable de ciertos cánceres ligados a procesos industriales.

Cobre: A concentraciones altas de cobre, el agua adquiere un sabor astringente. Si la fuente de agua corroe el cobre, una tubería que no se ha utilizado durante la noche puede contener concentraciones relativamente altas; su ingestión puede causar vómito

inmediato. En suministros industriales, la presencia de cobre puede no ser adecuada debido a que corroe el aluminio.

Plomo: No se degrada, y cuando es emitido al aire permanece cerca de diez días con el consiguiente peligro. Puede ingresar al cuerpo por medio de la respiración de polvo o por partículas que contienen el elemento, pero también puede hacerlo por ingestión. El sistema nervioso central puede ser el más afectado; también puede dañar los riñones y el sistema inmunológico. La cantidad en el organismo debe reducirse hasta lograr mantener un equilibrio entre absorción y eliminación. No existe prueba directa de que la ingestión de este elemento provoque concentraciones en los tejidos que sean o puedan ser nocivos para el hombre.

Hierro: Es un producto de corrosión en los sistemas de tuberías de acero; como producto de su uso, con frecuencia se encuentra en el agua en un sistema de distribución.

## 4. Metodología de investigación

Para la realización de la investigación recurrimos a un método descriptivo y analítico, utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas, de acuerdo al flujo de investigación determinado por el equipo de trabajo.

En primera instancia, recabamos información de fuentes secundarias sobre el número de cooperativas existentes en el departamento de Oruro, considerando como variables principales la producción, el número de socios y su ubicación geográfica. El siguiente paso fue la identificación de las cooperativas que tienen mayor número de socios y aquéllas que son productoras de minerales tradicionales, como estaño y complejos de plomo, plata y zinc, en las subcuencas de Huanuni, Santa Fe y Poopó.

### 4.1. Selección del objeto de estudio

El área de investigación abarca las tres subcuencas más importantes del departamento de Oruro (ver Anexo 1). Como queda dicho, hemos optado por las cooperativas que se dedican a la producción de estaño y las que trabajan explotando complejos de plomo, plata, y zinc. De acuerdo a su ubicación geográfica, las cooperativas se agruparon en las subcuencas Huanuni, Santa Fe y Poopó, y las seleccionamos en función del número de socios. La población estudiada abarca el 79% de la población minera cooperativizada del departamento.

**Cuadro 1**
**Cooperativas productoras de estaño y complejos**

| Subcuencas | Cooperativas | Nº socios |
|---|---|---|
| Huanuni | Karazapato | 700 |
| | Libres | 600 |
| | Salvadora Huanuni | 600 |
| | Playa Verde | 450 |
| Santa Fe | Morococala | 145 |
| | Santa Fe | 42 |
| | El Porvenir | 47 |
| Poopó | Poopó | 145 |
| | Puente Grande | 26* |
| | Machacamarca | 14* |
| | Santa Bárbara | 12* |
| **Total** | | **2.729** |

Fuente: Elaboración propia.
* No se tomó en cuenta por tener muy pocos socios.

Subcuenca Huanuni. Conformada por las cuatro cooperativas más grandes del departamento: Karazapato, Libres, La Salvadora y Playa Verde, asentadas en las inmediaciones de la población de Huanuni, y cuyos socios en su mayoría realizan la concentración de las cargas expulsadas por el ingenio de la Empresa Allied Deals Minerals Huanuni S. A. El acceso a las mismas y traslado a los lugares de concentración por parte de los cooperativistas se realiza en forma equitativa y por turnos.

Subcuenca Santa Fe. Comprende las cooperativas Santa Fe, El Porvenir de Japo y Morococala; son cooperativas productoras de estaño que tienen acceso a minas de ex COMIBOL. La cooperativa Santa Fe trabaja sólo en interior mina, en la explotación de minerales complejos. En cambio, las cooperativas Japo y Morococala concentran el mineral en ingenios; además, Japo, al igual que el sector de Huanuni, trabaja en relaves.

Subcuenca Poopó. La única cooperativa con un número significativo de socios en esta zona es la que lleva el mismo nombre; extrae de interior mina minerales complejos que son tratados en el ingenio Alantaña, que es propiedad de la cooperativa y se encuentra instalado cerca al río Poopó.

### 4.2. Encuestas

La encuesta elaborada para la recolección de información tiene como parámetros siete aspectos importantes:

- Datos generales.
- Vivienda y servicios básicos.
- Población y ocupación.
- Migración temporal y permanente.
- Economía minera.
- Seguridad alimentaria.
- Contaminación medioambiental.

Con este horizonte temático, preparamos boletas estructuradas de encuesta, previa prueba piloto, para su aplicación en las tres subcuencas. Su aplicación tuvo lugar en los meses de junio y julio del año 2000 sobre una población obtenida con base en los socios activos presentes en esta etapa. La cifra, proporcionada por las propias cooperativas, alcanzó aproximadamente a 1.600. La encuesta fue aplicada a aproximadamente el 10% de la indicada cantidad de socios, a media semana, debido a que en este horario se garantiza la asistencia de la mayoría de los socios a su fuente de trabajo.

El procesamiento de los datos para su posterior análisis e interpretación se realizó en el programa SPSS del entorno Windows, el cual permite obtener cuadros de salida. En el segundo capítulo exponemos los cuadros estadísticos correspondientes.

### 4.3. Análisis químico

El programa de muestreo de aguas comprendió mediciones de flujo y temperatura tomadas *in situ*; debido a que no contábamos con los instrumentos de campo necesarios. El pH y la conductividad eléctrica fueron medidos a la llegada de las muestras al laboratorio, por el método potenciométrico.

Por otro lado, obtuvimos muestras por duplicado de agua en corrientes intensas, por inmersión de botellas de polietileno esterilizadas, tanto sin conservante ni tratamiento como con ácido nítrico como conservante. El análisis de las muestras atendió fundamentalmente la presencia de los siguientes parámetros químicos: cloruros, sulfatos,

cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, antimonio, zinc, arsénico, níquel y sólidos totales en suspensión.

Los análisis fueron realizados por volumetría argentométrica, para la determinación de los aniones cloruros, y por el método gravimétrico, para los sulfatos y los sólidos en suspensión, todos en el Departamento de Minería y Medio Ambiente del Laboratorio del Servicio Geológico y de Minería, SERGEOMIN. En cuanto a los elementos restantes, se utilizó espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.

La elección del agua como elemento único de análisis para determinar los niveles de contaminación tiene explicación en el tipo específico de explotación que constituye la minería cooperativizada, como se verá más adelante. Por lo demás, se pueden inferir fácilmente los efectos de la contaminación de los cursos de agua en el resto del ecosistema (aire, suelo, vegetación, salud humana, etc.)

Respecto de esto, es importante comentar que las aguas que están involucradas en la producción minera cooperativizada no están clasificadas de acuerdo al reglamento específico de contaminación hídrica. Sin embargo, como las aguas provenientes de las tres subcuencas en estudio desembocan en el lago Poopó, y por ello penetran en las zonas agrícolas cercanas, deben considerarse de las clases C y D (ver Anexo 2). Es en función de esta clasificación que se establecieron los parámetros y límites permisibles de las descargas líquidas.

### 4.4. Sesiones de profundidad

Para una recolección de información más precisa, recurrimos al método conocido como sesiones de profundidad. En las mismas reunimos a grupos de personas y de trabajo cualitativamente mejor informadas respecto tanto de temas específicamente referidos al proceso productivo (producción, explotación y concentración) como de aquéllos de mayor alcance como la propia problemática medioambiental, los aspectos administrativos y los sociales y legales en que están inmersas las distintas cooperativas.

También recurrimos a otros informantes clave, personalidades que conocen en profundidad la problemática minera en general y la cooperativizada en particular. Nos referimos a dirigentes cooperativistas, alcaldes provinciales, técnicos de diferentes ramas con residencia en el lugar (ver Anexo 3). El objetivo de las entrevistas, sin embargo, se diferencia de acuerdo a cada tipo de informante:

- Presidentes de los Consejos de Administración de las cooperativas y/o Presidentes de los Consejos de Vigilancia, con el objeto de conocer la visión integral de las cooperativas como objeto de investigación.
- Autoridades públicas, con el propósito de conocer a profundidad la política estatal dirigida al sector.

## 4.5. Observación no participante

El objetivo principal de la información obtenida con esta técnica fue conocer los aspectos que no figuran explícitamente en el levantamiento de datos cuantitativos. Las observaciones se realizaron durante el periodo de la investigación comprendido entre junio a octubre del 2000, especialmente en el período del levantamiento de la encuesta estructurada (junio-julio) y en el de levantamiento de muestras de aguas para su análisis químico (septiembre y octubre.)

## 4.6. Recursos humanos y organización

El equipo técnico estuvo constituido por profesionales de las ramas de economía, minería, química y ciencias jurídicas, apoyados por personal de la institución patrocinadora, con especialidad en el marco de estadigrafía, documentación y apoyo logístico. El equipo organizó el trabajo de acuerdo al cronograma presentado en la propuesta final. La primera etapa la constituyó todo el trabajo de visita a las cooperativas y a las entidades públicas y privadas antes descrito, mientras que en la segunda nos dedicamos exclusivamente al trabajo de gabinete.

# 5. Limitaciones y fortalezas

No queremos terminar de presentar esta parte teórica, metodológica y logística sin señalar algunas de las dificultades que hemos enfrentado producto de distintas causas y que han devenido en limitaciones de nuestra investigación:

- El tamaño de la investigación que nos habíamos propuesto y el poco tiempo determinado.
- La falta de acceso a información secundaria que las instituciones especializadas poseen (COMIBOL, FENCOMIN, CNS, SIVEX, y otras).
- Ausencia de bibliotecas especializadas.

Asimismo, nos gustaría indicar algunas fortalezas que conseguimos desarrollar en tanto equipo de trabajo:

- La diversificación de áreas de investigación y la profundidad temática con la que se trabajó.
- La conjunción de criterios en el equipo multidisciplinario.
- El apoyo incondicional de la población estudiada.

CAPÍTULO DOS

# Contexto histórico y legal del cooperativismo en Bolivia

## 1. Importancia de la minería en Bolivia

Según la escala de producción y el nivel tecnológico, las empresas mineras se clasifican en cuatro categorías: las empresas mineras estatales y grandes, la minería mediana, la minería chica y la minería cooperativizada, caracterizada esta última por el uso intensivo de fuerza de trabajo en sus operaciones y el bajo nivel tecnológico.

El sector minero cooperativizado ha tenido un papel históricamente preponderante en el conjunto de la economía boliviana, dado el hecho conocido de que ésta ha dependido en alto grado del producto de las minas, rubro fundamental de las exportaciones durante largas décadas.

Hasta 1980 existían aproximadamente unos 17.000 cooperativistas, organizados en la Federación Nacional de Cooperativas Mineras, FENCOMIN, que dependió de la Federación Sindical Trabajadores Mineros de Bolivia desde 1930 hasta 1968. La FENCOMIN está compuesta de las federaciones departamentales, entre ellas la potosina (la más antigua), las de Oruro, Cochabamba y La Paz (esta última la más joven) y algunas otras como las de Tipuani y Uyuni. Actualmente, y con base en el crecimiento que ha tenido en los últimos años, el sector cuenta con 47.538 socios cooperativistas, con una cantidad de personas dependientes estimadas en 251.951 (VMM-FENCOMIN, 2000). El porcentaje de empleo captado por las cooperativas con relación al total del sector minero es del 82.62%. En relación con el empleo en general de todo el país, representa el 1,27%.

El resultado es que, pese a las grandes dificultades que enfrentan, la explotación y producción mineras han experimentado un crecimiento sostenido en la mayor parte de los minerales producidos. Por ejemplo, la producción de estaño se incrementó en un

70% en 1999 respecto de los niveles de 1985, y la extracción de plata, poniendo en relación los mismos años de referencia, creció en 48%.

Las cooperativas son consideradas como el sector de mayor desarrollo y el más importante en función de la eficiencia y la eficacia, hecho evidenciado por la oportunidad demostrada en la explotación de yacimientos en los cuales las empresas estatales y privadas no habían logrado niveles de rentabilidad económica aceptables para mantener sus operaciones. Es el caso de las empresas dejadas como marginales por COMIBOL, que actualmente son trabajadas por las cooperativas, usando para este objetivo tecnología y mano de obra barata.

El nivel de participación de las cooperativas dentro de la producción del sector minero en su conjunto se ha incrementado los últimos años, lo que demuestra su rol reactivador de la minería nacional.

Con relación al aporte del sector minero cooperativizado al PIB nacional, señalemos que, siempre con base en los datos proporcionados por el Viceministerio de Minería y Metalurgia, en 1998 el aporte al PIB nacional por parte del sector minero en general alcanzó un 5,75%; la parte correspondiente a las cooperativas es del orden del 18.3%. En 1999 el aporte al PIB fue de 5,12%, correspondiendo al sector que nos interesa el 24%. Finalmente, en el año 2000 tal participación de las cooperativas alcanzó el 30%. (Oruro. Prefectura del Departamento, 2000)

Sin embargo, de este comportamiento económico se puede decir que el movimiento cooperativo minero aún no ha encontrado el mejor camino para lograr un apoyo estatal más efectivo. Tampoco se ha conseguido un nivel de unidad sectorial que permita a las cooperativas superar sus características productivas tradicionales (de uso extensivo de la fuerza de trabajo y bajo nivel tecnológico), que a la larga redunde en mejores días para los socios y sus familias.

Las cooperativas utilizan técnicas de trabajo mecanizado, semimecanizado y manual, considerándose como mecanizadas a las cooperativas que cuentan con equipo y maquinaria eléctrica como ser compresoras, winchas, perforadoras y otros equipos. Son consideradas semimecanizadas las cooperativas que cuentan con un ingenio, y finalmente son manuales las que carecen de esta maquinaria moderna, y sólo cuentan con la habilidad, creatividad y experiencia de sus trabajadores.

## 1.1. Antecedentes históricos del cooperativismo

En Bolivia, la organización de cooperativas de producción y exportación mineras comienza con el estaño, y se reglamenta a través de la Ley del 4 de noviembre de 1929 y un Decreto Supremo de 1934. Ambos datos demuestran por sí solos la antigüedad del movimiento cooperativo en nuestro país, el mismo que a través de todo este tiempo hasta la actualidad ha aportado de manera significativa a la economía boliviana.

Este origen del cooperativismo encuentra explicación en la depresión mundial de la década de los años treinta. Las crisis del sector minero no son desconocidas en nuestra historia. La primera del siglo XX ocurrió, como decimos, a consecuencia del "gran crack norteamericano" de 1929-1932, y desembocó en el cierre de minas y la desocupación de 10.000 mineros, los que demandaron el arriendo de áreas de trabajo en el Cerro Rico de Potosí. Es así que primero se organizan en "sindicatos cooperativos" y luego en lo que hoy se conoce como "Cooperativas Kajchas Libres".

Entre 1943 y 1946 se produce una segunda crisis debido a las grandes bajas en los precios del estaño a raíz de la Segunda Guerra Mundial. Luego, en la siguiente década, después de la Revolución Nacional, el precio descendió a 0,73 dólares la libra fina ($us/LF), llegando en el año 1956 a un promedio de 0,95 $us/LF. En 1960 se implementa el Plan Triangular, destinado a la recuperación de COMIBOL, oportunidad en la que trabajó la Comisión Redactora del Anteproyecto del Código de Minería.

La tercera crisis se produjo entre 1966 y 1968 debido esta vez no sólo a la baja del precio internacional de los minerales sino también a las medidas tomadas por el gobierno de Barrientos, que bajo la consigna de convertir a COMIBOL en empresa estatal rentable y bien administrada, deja en la calle a 6.000 trabajadores. En esa época se llevan a cabo las masacres de trabajadores mineros, primero en Kami (1965) y luego en 1967, en Catavi-Siglo XX, en lo que se conoce como la Noche de San Juan; otros actos represivos en las minas se dan en Quechisla y Milluni. Es en esta época que se experimenta la emergencia de cooperativas como Kami, Poopó, Bolsa Negra, Pulacayo y Huanuni, en áreas arrendadas por COMIBOL, lo que constituye, para la empresa estatal, un importante ahorro de recursos económico-financieros, tanto en costos de operación como en producción, riesgos y beneficios sociales.

El sector experimenta una última crisis en el periodo comprendido entre 1980 y 1987, en el cual la producción minera cae en un 56% y los precios de los minerales bajan hasta un 65% (en 1985). Luego de la implementación de la Nueva Política

Económica (NPE) a través del Decreto Supremo 21060, la producción de estaño de la minería cooperativizada pasa a representar el 71% de la producción nacional con relación al 14% que significó en 1985. También esta última crisis estimuló el mayor desarrollo y consolidación del cooperativismo minero como un importante subsector de la minería nacional.

Actualmente, se puede decir que en las minas ya no existen patrones; hace tiempo que éstos se fueron, abandonando los yacimientos, presuntamente estériles. Y en una perspectiva histórica amplia, podemos decir que de las minas primero se fueron los españoles, luego los tres barones del estaño, y finalmente hizo abandono del sector el propio Estado boliviano establecido en 1952. Pero sintomáticamente, junto a toda la chatarra se quedaron los mineros cooperativizados, asociados para hacer sobrevivir la producción minera.

Los mineros relocalizados de la minería estatal y también en algunos casos de la privada, impulsados por la necesidad de sobrevivir y alcanzar mejores condiciones de vida, pero también por compromiso espontáneo y apego a su tierra y región de origen, se organizaron en cooperativas mineras.

Estas cooperativas rigen su accionar con base en el Decreto Ley del 13 de septiembre de 1958, que pone en vigencia la Ley General de Sociedades Cooperativas. La disposición legal reglamenta la organización, constitución y puesta en marcha de las distintas entidades cooperativas, haciendo énfasis en los principios de igualdad de derechos y obligaciones, democracia, régimen de aportaciones, bienestar colectivo y distribución de excedentes.

Por su parte, la Constitución Política del Estado, en sus artículos 158 y 160, señala que se "fomentará la organización de cooperativas mediante una legislación adecuada", debiendo defenderse, por lo tanto, el capital humano involucrado en esta forma de trabajo. Esto significa que el Estado tiene como una de sus responsabilidades la creación de mejores condiciones de vida para los cooperativistas, especialmente en los campos de los servicios básicos, la educación, la vivienda y el trabajo.

Por otro lado, el Código de Minería señala específicamente que la constitución legal de las cooperativas mineras debe acatar una ley especial y comprender su inscripción en el Registro Nacional de Cooperativas. En este sentido, hemos podido comprobar en el curso de nuestro trabajo que todas las cooperativas de las subcuencas de Huanuni, Santa Fe y Poopó se encuentran inscritas en este registro.

## 1.2. El cooperativismo en Oruro

Oruro es uno de los departamentos más pobres de Bolivia. En los últimos años se caracteriza por ser expulsor de población, por tener escasas fuentes de trabajo y recibir poca inversión. Dentro de este contexto, las cooperativas mineras se constituyen en entidades importantes dentro la economía regional. Aun con problemas, han logrado absorber gran parte de la mano de obra desocupada y generan servicios de educación, salud y operaciones comerciales. Un buen ejemplo de esta importancia es la mayor significación social de las cooperativas conformadas en Huanuni, cuya desaparición significaría un grave impacto de recesión económica, ya que la Empresa Allied Deals Huanuni, por sí sola, generaría poco movimiento económico.

En Oruro existen actualmente más de 3.500 cooperativistas con familias promedio de seis componentes, lo que significa que 20.000 personas dependen de esta actividad. Los trabajadores provienen en su gran mayoría de poblaciones cercanas a los centros mineros. El cooperativismo tiene significación en cuatro zonas importantes de Oruro: la zona de Iroco, donde existe explotación intensiva de recursos auríferos; San José, donde se explota caolín con destino a la fábrica de cemento EMISA; Huanuni, donde 2.350 cooperativistas están distribuidos en cuatro cooperativas que dan vitalidad económica a la población de 18.000 habitantes, todo esto a pesar de la disminución de 5.000 a 450 trabajadores en la empresa recientemente entregada en joint venture; y finalmente Antequera y Poopó.

También hay que considerar la consolidación de importantes grupos humanos en zonas que, después de la relocalización, se pensó quedarían abandonadas. Es precisamente gracias a las cooperativas que esto no ha ocurrido, pues, como queda dicho, su presencia activa genera servicios, operaciones comerciales, transporte, talleres, educación y servicios de salud que de otra forma no tuvieran razón de ser. En el caso hipotético de la inexistencia de cooperativistas, las 450 personas que trabajan en Huanuni, para volver con el mismo ejemplo, generarían una muy modesta actividad económica.

## 2. Las subcuencas de estudio

La cordillera oriental drena sus aguas al Lago Poopó por medio de tributarios intermitentes como el río San Juan de Sora Sora, que es alimentado por los ríos Huanuni y Santa Fe, así como por los ríos Poopó, Antequera, Juchusuma y Cortadera, que para una mejor comprensión se han subdividido en unidades fisiográficas o áreas de captación a las que nos referimos como subcuencas.

El área de investigación abarca aproximadamente 150 km de longitud y entre 30 a 50 km de ancho, dentro del territorio del departamento de Oruro. En esta zona se encuentran las cooperativas mineras de las subcuencas de Huanuni (Karazapato, Libres, La Salvadora y Playa Verde), Santa Fe (Santa Fe, El Porvenir y Morococala) y Poopó (Poopó), caracterizadas por un clima frío y fuertes vientos.

Estas cooperativas se encuentran entre montañas, con poca vegetación. El sector más alto es el cerro Negro Pabellón, con elevación aproximada de 5.270 msnm, en cuyas laderas y a 4.350 de altura se encuentra la cooperativa El Porvenir de Japo.

Geológicamente el lugar se caracteriza por una serie de cuencas ubicadas entre montañas, que recibieron sedimentos y rocas mineralizadas con vertientes de aguas aptas para riego, y en la mayoría de los casos ya contaminadas naturalmente. Todas las cooperativas de estudio se encuentran dentro del cinturón Japo-Pucro.

La topografía de las subcuencas presenta elevadas sierras o cadenas de cordilleras. Las áreas próximas son predominantemente rocosas y con suelos con alto grado de salinidad a causa de las descargas de metales pesados; estas zonas carecen de vegetación, lo que acelera la erosión por acción natural del viento y la lluvia.

## 2.1. Accesos

Los diferentes centros mineros objeto de este estudio tienen acceso por las vías que se muestran en el Cuadro 2:

**Cuadro 2**
**Vías de acceso a las cooperativas mineras**

| Tramo | km | Clase de acceso |
|---|---|---|
| Oruro – Machacamarca | 27 | Carretera asfaltada |
| Oruro – Huanuni | 51 | 27 km de asfalto y 22 de carretera de tierra |
| Oruro – Poopó | 54 | Carretera asfaltada |
| Oruro – Morococala | 95 | Carretera de tierra |
| Oruro – Santa Fe | 90 | Carretera de tierra |
| Oruro – Japo | 72 | Carretera de tierra |

Fuente: Elaboración propia.

A la subcuenca Santa Fe se puede acceder mediante la ruta terrestre Oruro-Cala Cala-Japo-Santa Fe-Morococala, o también por la vía Oruro-Huanuni-Morococala-Japo. A las localidades de Huanuni y Poopó se tiene acceso permanente por carretera, de manera que los socios cooperativistas pueden trasladarse a la ciudad y viceversa todos los días.

### 2.2. Clima

El clima en la parte sur del altiplano se define como frígido la mayor parte del tiempo, con tierras áridas a semiáridas. Por lo general, la cantidad de lluvias disminuye de Norte a Sur, y presenta una precipitación pluvial promedio de 200 mm/año. Los regímenes de estación seca y húmeda, típicos del hemisferio Sur, dominan el clima. Puesto que la estación húmeda coincide con el verano, el resto del tiempo la zona es normalmente seca; en invierno y a grandes alturas puede caer nieve. El siguiente cuadro muestra la precipitación y temperaturas en los sectores donde funcionan las cooperativas.

**Cuadro 3**
**Precipitaciones y temperaturas**

| Zona | Precipitación anual mm | Altura msnm | Temperatura promedio | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Máxima | Media | Mínima |
| Huanuni | 150 | 3.932 | 12 | 6 | -10 |
| Poopó | 210 | 3.745 | 13 | 10 | -11 |
| Morococala | 180 | 5.085 | 8 | 4 | -16 |
| Santa Fe | 200 | 4.500 | 8 | 3 | -15 |
| Japo | 180 | 4.350 | 7 | 2 | -13 |

Fuente: Información general básica de Oruro. Consultores Asociados SRL.

Los datos anteriores no fueron comparados con ninguna otra fuente, debido a que no se cuenta con estaciones de medición en las cooperativas estudiadas.

## 3. Principios y organización

El presente trabajo se ocupó sustancialmente de investigar de manera cualitativa la aplicación de los principios del cooperativismo en las entidades cooperativas mineras estudiadas, suponiendo las virtudes positivas que tiene la racionalidad cooperativista con relación a la producción minera. Por lo demás, dada la dimensión cualitativa de nuestra

indagación y considerando que la información se obtuvo mediante entrevistas dirigidas y documentación particular de cada cooperativa, es importante señalar además que no se pueden extrapolar nuestras conclusiones al resto de cooperativas de Oruro. Dicho esto, revisemos aquellos principios del cooperativismo:

- Adhesión voluntaria y abierta. Cada cooperativa cuenta con estatutos en los que constan los requisitos de admisión para nuevos socios cooperativistas, siendo los más comunes la recomendación de otros socios, plazos de prueba, pago de la acción y visto bueno por parte de la asamblea de socios. En algunas cooperativas existe una selección de los socios, tomando en cuenta aspectos tales como el hecho de ser personas conocidas en el pueblo o por lo menos de los socios antiguos, aceptándose también socios con capital. La adhesión que propugna el cooperativismo es invariablemente abierta y voluntaria.
- Gestión democrática. El cooperativista manifiesta su participación a través del voto en la toma de decisiones, conforme al principio "un socio, un voto". La elección de nuevos dirigentes se realiza por aclamación y en asambleas generales; éstas pueden ser ordinarias y extraordinarias. Por otra parte, la autorización a los dirigentes para la obtención de créditos involucra en forma obligatoria al total de socios. Los dirigentes están obligados a presentar informes económicos aunque no en forma regular. Hemos podido constatar que este último principio se aplica en un 85% en las cooperativas estudiadas.
- Participación económica. La presencia económica de los socios en las cooperativas se realiza a través de aportes de capital en forma de "certificados de aportación" que pueden ser en dinero efectivo o su equivalente en maquinaria, enseres, operativos, servicios. El conjunto de estos aportes conforma el capital o fondo social de la cooperativa; asimismo, los socios aprueban y determinan otros descuentos para apoyo a otras actividades. Los excedentes de producción no se realizan en efectivo sino que se invierten en la cooperativa. También este principio es aplicado en un 85% en los casos que hemos analizado.
- Autonomía e independencia. Se manifiesta en la constitución de capital de arranque, que se realiza en un 100%, constituyendo este hecho la garantía de su plena autonomía. Las cooperativas firman acuerdos con organizaciones nacionales e internacionales pero manteniendo su independencia. Con COMIBOL, por ejemplo,

se tienen relaciones de arrendamiento de fuentes de producción y maquinarias, pero con un manejo autónomo y democrático. En este aspecto existe un 100% de aplicabilidad de este principio.

- Formación, capacitación e información. Estos acápites son adquiridos empíricamente, es decir, cada cooperativista adquiere formación y capacitación por su cotidiana labor. La asistencia técnica en el proceso de producción que reciben algunas cooperativas no es completa, siendo actualmente mínima pese a la asistencia de instituciones privadas de desarrollo social como CEDIPAS, CISEP, CEPROMIN y CAEP.

  Los cooperativistas tienen muchas dificultades para la obtención de financiamiento, debido a sus bajos ingresos, a la falta de garantías hipotecarias y a la ausencia de proyectos. Una de las deficiencias serias de las cooperativas, como se sabe, es el déficit en la posesión de activos fijos. Por otra parte, las instituciones de crédito son en su mayoría organizaciones no gubernamentales, lo que demuestra que el Estado no brinda el apoyo comprometido y reconocido por la Constitución Política del Estado y el Código Minero. Pero a más de ello, las cooperativas tampoco son fáciles sujetos de crédito de entidades financieras y bancos privados para lograr mejorar el desarrollo de sus actividades productivas, debido a la dependencia de los precios de los minerales de los mercados internacionales.

  La formación sobre seguridad industrial en las cooperativas estudiadas es mínima; por tanto, las normas de seguridad industrial no se cumplen en su totalidad por desconocimiento y por carencia de implementos necesarios para su aplicación. Otro tema en que hay desarrollo mínimo es la formación de líderes para una eficiente administración de recursos y un manejo de ingresos que permita generar ahorro. Por todo lo señalado, se tiene un 50% de aplicabilidad de este principio.

- La cooperación entre cooperativas. Se materializa sobre todo en las movilizaciones de protesta que las cooperativas realizan por diferentes necesidades no satisfechas, pero también en la realización de actividades de solidaridad entre cooperativas, tales como el préstamo de herramientas y maquinaria así como en la ayuda mutua en el trabajo.

- Interés comunitario. Se manifiesta por ejemplo en la generación de oferta, demanda y también intercambio de productos básicos y servicios en los que se ven

involucrados los socios y sus familias, y que en muchos casos se extiende a la comunidad.

La aplicación de los tres principios últimos está determinada por los recursos económicos disponibles en las distintas cooperativas, en tanto que los otros cuatro principios son determinados por la participación del socio. En resumen, se puede decir que la vigencia de los principios rectores de las cooperativas, si bien no es la deseable, tampoco es desalentadora.

### 3.1. Organización federativa

Según lo dispuesto por el art. 53 de la Ley General de Sociedades Cooperativas, las cooperativas mineras se organizan en federaciones de cooperativas mineras a nivel tanto nacional (FENCOMIN) como departamental (FEDECOMIN) y regional (FERECOMIN, en el caso de Huanuni). Por imperio del art. 110 de la misma ley, las sociedades cooperativas mineras adquieren la calidad de miembros de FENCOMIN en forma automática desde el momento de su constitución, por lo que deben realizar sus aportes a la entidad federativa. De este modo cuentan en reciprocidad con el respaldo de la organización para sus contratos; la condición de miembro de FENCOMIN es suspendida por "atentado a los principios y fines cooperativos o realización de actividades contrarias a los trabajadores" (art. 13), previo proceso administrativo. Las cooperativas

- están bajo la protección y preferencia del Estado como lo dispone la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC), que señala que "las cooperativas gozarán de privilegios, concesiones y exenciones todo en función a su carácter social" (arts. 32 a 42).
- el Estado y FENCOMIN designan una instancia responsable para la administración del área.
- la jurisdicción es particular.
- son administradas de acuerdo a las categorías de manejo establecidas.
- cuentan con una zonificación especial.
- son clasificadas según sus características naturales.
- son diferenciadas según los objetivos declarados para su administración.

Es importante señalar que el Estado reconoce a las cooperativas como parte esencial de una estrategia de desarrollo integral, por lo que las mismas deben cumplir también los deberes exigidos por aquél.

### 3.2. Clasificación de las cooperativas en función a su actividad

El art. 20 de la LGSC señala las diversas clases de sociedades cooperativas clasificándolas en: agrícolas, ganaderas y de colonización, industriales y mineras, de servicios, y otras. Las cooperativas pueden abarcar actividades de extracción, elaboración y venta de su producción, así como de la transformación y venta de las materias primas producidas. Específicamente, se clasifica a las cooperativas mineras según se dediquen a la extracción, elaboración o venta de productos de la tierra, del subsuelo o de las aguas.

### 3.3. Estatuto orgánico y reglamento interno

Para el buen funcionamiento de las cooperativas es importante contar con estatutos internos, reglamento y personería jurídica. Se entiende por estatuto a las normas reglamentarias que rigen la formación, organización, funcionamiento y disolución de las sociedades cooperativas.

En todas las cooperativas mineras que visitamos pudimos comprobar que existen estatutos. El modelo que se usa para su redacción suele ser el "Modelo de estatutos para una cooperativa en general", estructurado en 6 capítulos. El requisito es indispensable para la obtención de la personería jurídica y la inscripción al Instituto Nacional de Cooperativas (INALCO). Pero aparte de ser requisito para su funcionamiento legal, su utilidad es mínima por haber perdido actualidad y estar fuera de la realidad en que viven las cooperativas.

En el caso de las cooperativas de las subcuencas de Huanuni, Santa Fe y Poopó, pudimos observar tal deficiencia no sólo en cuanto a los estatutos sino en relación a otras estipulaciones convenidas al momento de constituirse como entidades cooperativas. Es muy poca la información que otorgan los dirigentes a sus socios de base sobre el cumplimiento de las funciones. Los socios sólo conocen las funciones principales de los dirigentes y muy poco sobre sus derechos y deberes. Sin embargo, existe en el ánimo de los propios dirigentes marcada conciencia acerca de la necesidad de estos dos instrumentos de regulación interna, por lo que están predispuestos a renovarlos y actualizarlos de acuerdo a las necesidades específicas de su organización cooperativa.

### 3.4. Modelo organizativo de las cooperativas

La organización de una cooperativa minera debe reunir las siguientes condiciones:

- Agrupar cuando menos a diez socios (art. 57 de la LGSC).
- Disponer legalmente de una concesión minera.
- Cada socio debe suscribir por lo menos un certificado de aportación y pagar el 30% del valor del certificado.
- La titularidad como persona jurídica es un requisito para su organización.
- De acuerdo al estatuto modelo de cooperativas, estas entidades deben contar con la siguiente organización: Asamblea General de Socios; Consejo de Administración; Consejo de Vigilancia; Comités y Comisiones que designa la Asamblea.

Consejo de Administración:

- Presidente
- Secretario General
- Tesorero
- Representante a la Caja
- Secretario de Tierras y Casas
- Secretario de Deportes y Educación
- Secretario de Producción
- Vocales

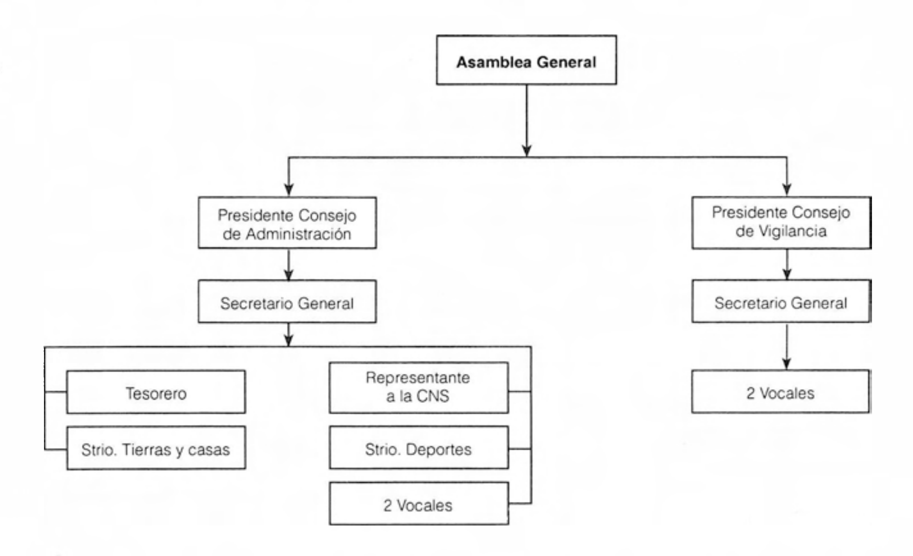
Consejo de Vigilancia:

- Presidente
- Secretario General
- Vocales

### 3.5. Organigrama de funcionamiento de la cooperativa actual

La estructura orgánica de las cooperativas en estudio es similar en todos los casos. Por ello, usamos a título de ejemplo a la cooperativa El Porvenir (Diagrama 1).

**Diagrama 1**
**Estructura orgánica de la cooperativa "El Porvenir"**




Los miembros de los consejos son elegidos en Asamblea General y su gestión dura un año. Como hemos ya señalado, en nuestro estudio hemos verificado la falta de conocimiento del estatuto y aplicación del reglamento interno, por lo que la administración adolece de fallas y fomenta la indisciplina de los socios. Aunque el estatuto detalla los roles y funciones de dirigentes y socios, sólo algunos de ellos se esfuerzan trabajando con iniciativa y otros simplemente fungen como dirigentes, sin asumir otras responsabilidades. Por esta razón, aunque existen los consejos de administración y vigilancia conformados por presidentes, secretarios, tesoreros y vocales, en la práctica solamente los presidentes, el tesorero y algún secretario o vocal cumplen con el trabajo administrativo.

En algunas cooperativas los dirigentes sólo se ocupan de la venta de concentrados, distribución de los ingresos y alguna otra actividad dirigencial, siendo mínima la organización para trabajar en forma sistemática y conjunta. Por ejemplo, en cuanto toca al horario de trabajo en explotación, cada socio trabaja como puede, sin ninguna organización, de acuerdo a sus ventajas personales. En cambio existe mayor unidad en cuanto a la gestión, lo que da paso a reclamos y peticiones para obtener logros significativos en beneficio de la cooperativa. Esto es lo que ocurrió, por ejemplo, el 20 de marzo de 1997,

cuando se consiguió la firma de contratos de arrendamiento de yacimientos para las cooperativas de Santa Fe, Morococala, El Porvenir, Poopó y la transferencia de maquinaria, equipo y otros.

Los problemas comunes son: falta de continuidad de trabajo del directorio entrante, pérdida de documentación de la cooperativa, informes económicos incompletos, convenios incumplidos, arrastre de viejas deudas, etc. Esto pese a que los estatutos sancionan las irregularidades y prohíben ejercer funciones de dirección a quienes no aclaran cuentas anteriores. La falta de claridad en la toma de decisiones y la flexibilidad e informalidad que existen en las cooperativas permiten incongruencias en el funcionamiento de la siguiente gestión. Estos problemas provocan que muchas organizaciones e instituciones muestren susceptibilidad y recelo al establecer relaciones económicas y sociales con las cooperativas.

## 4. Marco jurídico

### 4.1. Código de Minería

El Código de Minería, actualizado y aprobado mediante Ley de la República N° 1777 del 17 de marzo de 1997, deja sin efecto práctico las ventajas que pueden obtener este tipo de sociedades en el marco de la Ley General de Sociedades Cooperativas. Al respecto, esta norma textualmente señala en su artículo 21: "Las sociedades mineras cooperativas legalmente constituidas de acuerdo a la Ley General de Sociedades Cooperativas, gozarán de los mismos derechos y tendrán las mismas obligaciones que este código establece para todos los concesionarios mineros..." Esto constituye sin duda una desventaja para las cooperativas mineras, porque las obliga a competir desigualmente con grandes consorcios que cuentan con inversiones y acceso a la denominada tecnología de punta. Pese a ello, se mantienen los beneficios acerca de la asistencia técnica y el financiamiento económico.

### 4.2. Concesiones mineras

El Código de Minería determina el otorgamiento de concesiones mineras mediante la Superintendencia de Minas, como un derecho real distinto al de la propiedad, pudiendo ser objeto de cualquier contrato cuya unidad de medida es la cuadrícula. El título de concesión minera compromete al titular al pago de patentes, además le da el derecho

real exclusivo e indefinido para realizar actividades mineras. (Bolivia, 1997. Código de Minería, arts. 10,17 y 23)

Las cooperativas son en este aspecto consideradas sujetos de derecho minero, dándoseles potestad de suscribir cualquier clase de contratos mediante sus personerías jurídicas, incluidos los contratos de riesgo compartido, sin perder su naturaleza como entidades de interés social. Ello supone derechos de usar y aprovechar las aguas de dominio público y las que discurran por sus concesiones, con la única obligación de protegerlas y restituirlas al cauce natural (artículo 36).

El Código señala como causales de extinción del derecho a la concesión la renuncia, caducidad, nulidad y aspectos relacionados con la contaminación ambiental. Por ello, las cooperativas mineras necesariamente deberán cumplir con todas las medidas de preservación del medio ambiente para no perder su derecho real.

A través de la Ley No. 1786 del 19 de marzo de 1997 y otros Decretos Supremos, se autoriza a COMIBOL la transferencia de sus activos y otros bienes existentes, así como contratos de arrendamiento a favor de las cooperativas mineras, por la importancia del sector en la producción minera y generación de divisas a través de la exportación de minerales. Entre las autoridades de COMIBOL y las organizaciones regionales y nacionales se han suscrito actas, acuerdos, contratos y convenios para la asignación de concesiones mineras. Todo con el propósito de favorecer la creación de fuentes de trabajo, el incremento de la producción y el desarrollo de operaciones en el corto, mediano y largo plazo.

La unidad de medida de las concesiones mineras es la cuadrícula. Ésta tiene la forma de un volumen piramidal invertido, cuyo vértice inferior es el centro de la tierra y su límite exterior la superficie del suelo, correspondiendo planimétricamente a un cuadrado de 500 metros por lado, con una extensión total de 25 hectáreas. El sistema tiene una gran precisión y un catastro automático, ya que se basa en coordenadas de la proyección universal y transversal de marcado (UTM), referida al Sistema Geodésico Mundial WGS-84.

El siguiente cuadro detalla las concesiones registradas en el catastro minero nacional hasta mayo del 2000.

**Cuadro 4**
**Concesiones mineras por cuadrículas**
**(hasta mayo de 2000)**

| REGIONAL | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | Totales | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. | Cuadrícu-las | No. | Cuadrícu-las | No. | Cuadrícu-las | No. | Cuadrícu-las | No. | Cuadrícu-las |
| Cochabamba | 25 | 246 | 195 | 1.993 | 142 | 1.214 | 29 | 407 | 391 | 3.860 |
| La Paz | 24 | 515 | 233 | 6.847 | 387 | 4.910 | 84 | 1.928 | 728 | 14.200 |
| **Oruro** | **7** | **68** | **98** | **2.749** | **120** | **1.116** | **43** | **390** | **268** | **4.323** |
| Potosí | 13 | 196 | 180 | 2.215 | 245 | 2.656 | 51 | 507 | 489 | 5.574 |
| Santa Cruz | 19 | 165 | 197 | 5.206 | 156 | 4.633 | 46 | 2.426 | 418 | 12.430 |
| Tupiza | 14 | 142 | 146 | 7.772 | 172 | 3.227 | 42 | 1,223 | 374 | 12.464 |
| T. Registrado | 102 | 1.332 | 1.049 | 26.882 | 1.222 | 17.756 | 295 | 6.881 | 2.668 | 52.581 |

Fuente: Informe SETMIN 2000

Los contratos de arrendamiento de la cooperativa minera La Salvadora de Huanuni son de duración de 10 años, a computarse desde el 27 de febrero de 1997, y están registrados con 130 pertenencias mineras entre desmontes, descartes, colas, arenas y coluvios.

Por su parte, la cooperativa minera Playa Verde cuenta con un contrato de arrendamiento de 10 años, computado desde el 27 de febrero de 1997. Tiene áreas delimitadas según trabajos a realizarse en el lecho del río Huanuni, en los sectores Peláez, desmontes Duncan, Repetidora TV, colas, arenas y yacimiento El Porvenir.

La cooperativa minera Libres cuenta por su parte con áreas de trabajo contratadas en arrendamiento por 10 años desde el 13 de enero de 1997. Sus áreas de trabajo son el lecho del río Huanuni desde el puente colgante (km 28-020) hasta la altura del km 26-00 (ferrocarril Machacamarca-Uncía) colindante con la cooperativa Playa Verde. Las áreas de acopio de colas y arenas se encuentran río abajo, donde está instalada la fosa de acopio (Tchatana.) El contrato continúa mientras COMIBOL siga operando. Asimismo, se ha establecido la explotación del desmonte Nuevo Patiño.

La cooperativa Karazapato tiene también un contrato de 10 años desde el 27 de febrero de 1997, con 105 pertenencias mineras, y cuenta con instalaciones de ingenios manuales en el km 50 del ferrocarril Machacamarca-Uncía.

También es muy importante señalar que se han ampliado las áreas de trabajo para las cuatro cooperativas, con la firma de un contrato de arrendamiento de 20 años para el desarrollo y explotación de las cabeceras del cerro Posokoni desde el nivel conocido como Harrison. Asimismo, continuarán explotando minerales de estaño y complejos, así como también relaves y desmontes de acuerdo a términos de referencia vigentes.

La cooperativa El Porvenir de Japo cuenta con 35 concesiones en alquiler de COMIBOL, mientras que las cooperativas Morococala, Santa Fe y Poopó realizan trabajos en mina y cuentan también con contratos de arrendamiento con COMIBOL por 10 años.

Entre los requisitos más importantes para la elaboración de los contratos de arrendamiento está el mantenimiento de buenas condiciones en los accesos a los diferentes parajes de las minas. Tampoco COMIBOL se hace cargo de ninguna obligación referente a pago de impuestos, pago de beneficios sociales y maquinarias.

Es muy relevante para nuestro interés investigativo comentar que, en la decimotercera cláusula penal de los contratos, se señala que

además de las cláusulas de rescisión, COMIBOL podrá resolver el contrato de arrendamiento con la cooperativa por las siguientes causales: F) Por no tomar precauciones y medidas necesarias para proteger el medio ambiente y evitar la contaminación de aguas. Toda responsabilidad emergente de esta obligación es de la COOPERATIVA en todos sus alcances, de conformidad con la Ley 1333 del Medio Ambiente del 27 de abril de 1992.

Así, se determina la responsabilidad por la protección del medio ambiente sólo a la cooperativa minera y no a la institución que ha trabajado en el sector anteriormente, como COMIBOL u otras empresas mineras. Como queda claro, estos arrendamientos, firmados por falta de información y alcance de la ley por parte de los cooperativistas, son desventajosos.

## 4.3. Obligaciones tributarias

Por su actividad generadora de recursos, las cooperativas mineras se encuentran inmersas en el universo de contribuyentes, considerándose sujetos pasivos del Impuesto a las Utilidades Empresariales (I.U.E.), que corresponde al Impuesto Complementario a la Minería (I.C.M.)

Los tributos a los que están sujetos los productores de la minería cooperativizada están estipulados por las siguientes disposiciones legales:

- Ley 843 (sobre impuesto interno) Título III.
- Decreto Supremo 24051.
- Ley 1777 (Código Minero) Título V art. 9, título VIII art. 96-102.
- Decreto Supremo 24780 Capítulo IV art. 33,34; Capítulo V art. 11 (SII).
- Resolución Administrativa No.- 05-0166-98 (SII).

Los impuestos son los siguientes:

- Régimen de Anticipos del IUE-M.
- Impuesto sobre las Utilidades.
- Impuesto Complementario de la Minería.
- Alícuota Adicional del Impuesto sobre las Utilidades de las Empresas (Productores).

Adicionalmente las minas cooperativizadas son gravadas por medio del Impuesto al Valor Agregado.

Según el art. 3 de la Ley 1731, las cooperativas están exentas del pago del Impuesto a las Transacciones, pues realizan la actividad de compra-venta de minerales en el mercado interno. Esto de acuerdo al D.S. 24780 (Título II, Capítulo IV, arts. 33 y 34), que especifica esta liberación para aquellos productores mineros que hubieran registrado durante el ejercicio fiscal que se liquida un valor de ventas netas no superior a Bs. 1.500.000, los mismos que deben ser actualizados para cada gestión. Además, estos productores deben cumplir ciertos requisitos, por ejemplo, la posesión del RUC.

Al establecer la reforma fiscal un régimen único compuesto por el I.U.E y el I.C.M., de acuerdo a los artículos 97 al 102 del Código de Minería, se toma como Base Imponible del I.C.M. el valor bruto de venta, según la fórmula $V.B.V. = P.C.F. * C.O.$, donde V.B.V. es el valor bruto de venta, P.C.F., el peso de contenido fino, y C.O. la cotización oficial en dólares de mineral o metal.

La alícuota del I.C.M. es variable en función a la cotización de cada mineral. Para el caso del estaño, las escalas son las siguientes:

**Cuadro 5**
**Alícuota dispuesta en el Código minero**

| Cotización oficial del estaño por libra fina (C.O.) (en $us) | Alícuota (%) |
|---|---|
| Mayor a 5,00 | 5 |
| Desde 2,50 hasta 5,00 | 1,6 (CO) -3 |
| Menor a 2,50 | 1 |

El 60% de las alícuotas establecidas precedentemente se deben aplicar a las ventas de minerales y metales en el mercado interno. El I.C.M. se liquida (no se paga) en cada venta o exportación. De acuerdo al art. 99 del Código de Minería, los sujetos pasivos de este impuesto (cooperativas mineras) deberán registrar en forma cronológica todas sus liquidaciones del Impuesto Complementario a la Minería, en tanto en el Libro de Ventas Control I.C.M. como en el Libro de Compras Control I.C.M.

Todo esto de acuerdo a lo establecido en el artículo 40 del Código de Comercio, que señala que los libros deben estar foliados y firmados por un Notario de Fe Pública, para tener la validez legal correspondiente. En las cooperativas de estudio actualmente no se llevan estos registros. Su administración sólo se basa en planillas de liquidaciones

de las comercializadoras, recurriendo para el trabajo a personal especializado (contadores y auditores) a quienes se contrata eventualmente.

Al mismo tiempo, al cierre de cada gestión fiscal, el sujeto pasivo deberá llenar el Formulario 21 (Impuesto Complementario de la Pequeña Minería), el importe del I.C.M., que resulta de la suma de las liquidaciones de este impuesto practicadas durante la gestión y registradas en los libros de control del I.C.M.

El Decreto Supremo 24780 establece las siguientes deducciones adicionales al I.U.E. para los pequeños productores mineros y cooperativas: 50% del total de gastos demostrados con factura y 40% de gastos por remuneraciones al factor trabajo (Bolivia, 1997. Decreto Supremo de impuestos mineros).

El Código de Minería también norma en su artículo 102 que un monto equivalente al 30% de la recaudación al I.C.M. se destine a los departamentos productores de minerales y metales mediante los municipios donde se encuentren ubicadas las concesiones mineras, mientras que el restante 70% debe ir a las instituciones estatales mineras. Así, las recaudaciones de patentes mineras, que en el caso de Oruro efectúa el Servicio Técnico de Minas (SETMIN), son las siguientes (Cuadro 6):

**Cuadro 6**
**Recaudaciones de patentes mineras en Oruro**
**(Gestión 1999)**

| Sección provincial | Bs | Sección provincial | Bs |
|---|---|---|---|
| Oruro | 31.226 | Salinas de Garci Mendoza | 7.742 |
| Caracollo | 206.753 | Pampa Aullagas | 750 |
| El Choro | 9.067 | Sabaya | 15.311 |
| Challapata | 47.176 | Coipasa | 13.351 |
| Santuario de Quillacas | 1.925 | Toledo | 34.329 |
| Corque | 4.182 | Eucaliptus | 14.568 |
| Curahuara de Carangas | 15.569 | Santiago de Andamarca | 2.480 |
| Turco | 46.807 | Belén de Andamarca | 11.066 |
| **Poopó** | **49.911** | Santiago de Huari | 7.903 |
| Pazña | 26.623 | La Rivera | 957 |
| Antequera | 12.769 | Todos Santos | 5.049 |
| **Huanuni** | **21.571** | Carangas | 7.253 |
| **Machacamarca** | **12.090** | | |
| | | **Total** | **611.134** |

Fuente: Informe SETMIN 2000

Con el propósito de maximizar dichos ingresos departamentales, se ha establecido que el I.C.M. alcance a todos los operadores de la cadena de producción y exportación. De esta manera, la carga tributaria de este impuesto se comparte entre productores, concentradores, comercializadores, fundidores y refinadores de minerales y metales, beneficiándose en mayor medida a la región.

Sin embargo, las cooperativas mineras en estudio hacen efectivas estas disposiciones en grado mínimo, aspecto que se puede evidenciar ya en el solo hecho de que apenas el 50% de las cooperativas participaron de algunos cursos de información sobre estos temas impositivos. Los libros que tienen alguna contabilidad quedan en su mayoría relegados o se pierden cuando se producen cambios de dirigentes. Y esto sin embargo de que las retenciones de impuestos son realizadas en su mayoría en las comercializadoras (Allied Deals, Vinto S.A., ex Vinto, y otras).

## 4.4. Ley de mecanismo de promoción de las cooperativas

Mediante Ley 1786 del 19 de marzo de 1997 se crea el mecanismo de promoción a cooperativas mineras, que se refiere a la transferencia de activos fijos y medios de producción de COMIBOL a las cooperativas mineras. Es una posibilidad especialmente atractiva para nuevos emprendimientos, si se atiende a lo que dice textualmente la Ley: "...transferencia de los bienes pero en condiciones financieras adecuadas a las características de dichos sectores productivos". Esto supone ciertamente un elemento favorable establecido por el Estado nacional.

La medida fue reglamentada mediante el Decreto Supremo Nº 24635 del 27 de mayo de 1997, pero lamentablemente en éste se establecen otras condiciones para la transferencia de los medios de producción, señalándose, por ejemplo, que la determinación del valor de mercado de los bienes a enajenarse sería realizada por una consultoría de acuerdo a la tasa de valor nacional, además de añadírseles costos de trámite e impuestos a los cooperativistas. Estos aspectos prácticamente neutralizan las intenciones y el espíritu de la ley citada anteriormente, que tenía un carácter de apoyo al desarrollo de las unidades productivas.

## 4.5. Legislación ambiental

Bolivia, como muchos otros países, ha demostrado preocupación por la conservación del medio ambiente, que no significa nada más que la preocupación por una mejor calidad

de vida, sin dañar lo que pródigamente ofrece la naturaleza. Las disposiciones legales que en procura de la preservación del medio ambiente tiene el país así lo atestiguan.

Las leyes vigentes en Bolivia tuvieron varias modificaciones e innovaciones en diferentes aspectos, y a ellas debieron adaptarse los operadores mineros organizados en diferentes cooperativas mineras. La presente investigación ha considerado de mucha importancia considerar no sólo la vigencia de las leyes ambientales en la actividad minera, sino también su aplicabilidad.

## 4.6. Ley del Medio Ambiente

La Ley N° 1333 de 27 de abril de 1992, referida al medio ambiente, tiene fundamento en la relación entre el ser humano y la naturaleza, aspirando al desarrollo sostenible por medio de la gestión ambiental. Dispone entre otras cosas que el Estado debe fomentar el uso sostenible de los recursos hidrobiológicos, aplicando técnicas de manejo adecuadas que eviten la pérdida o degradación de los mismos. Por eso el Código de Minería dispone que las actividades mineras deben sujetarse a esta norma legal y a su reglamentación especifica.

Los operadores mineros están obligados a controlar todos los flujos contaminantes que se originen dentro del perímetro de sus concesiones y mitigar los daños ambientales causados. El Código señala claramente que

> las normas y límites permisibles ambientales que regulan las actividades mineras, establecidos en los reglamentos de la Ley del Medio Ambiente, considerarán los niveles de contaminación existentes y los procesos tecnológicos en uso económicamente disponibles, así como las normas e incentivos para establecer de manera progresiva los procesos tecnológicos apropiados.(Bolivia, 1997. Código de Minería)

De acuerdo con los aspectos centrales de la Ley del Medio Ambiente, los operadores mineros deben contar necesariamente con la licencia ambiental respectiva. Para ello, existen dos procedimientos, según se trate de proyectos nuevos o de minas ya existentes en el momento de la promulgación de la norma. Estos son la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), que se aplica a proyectos nuevos y lleva la Declaratoria del Impacto Ambiental (DIA), y el Manifiesto Ambiental, que es para minas ya existentes y mediante el cual se obtiene la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA.)

El cuadro que ofrecemos a continuación (Cuadro 7) muestra quiénes están cumpliendo la Ley del Medio Ambiente:

## Cuadro 7
## Cumplimiento de la Ley del Medio Ambiente

| Subcuenca y cooperativa Cumplimiento Ley 1333 | | Limitantes | | | Avances |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Operativas | Financieras | Educativas | |
| Subcuenca Huanuni<br><br>Playa Verde | No se aplica. | Falta de asistencia técnica fluida y económica.<br>Desarrollo empírico y no planificado.<br>Sistema de producción manual mayormente individual.<br>Mecanizado. | Falta de recursos.<br>Falta de capacidad para llevar una contabilidad. | Falta de capacitación.<br>Falta de conciencia ambiental. | Un leve cambio de mentalidad de cuidado al medio ambiente. |
| La Salvadora | No se aplica. | Sistema de trabajo individual, manual-mecanizado.<br>Falta de asistencia técnica fluida y económica. | Falta de recursos para proyectos.<br>Falta de capacidad de llevar una contabilidad adecuada. | Falta de recursos para capacitación. | Tienen pocos avances en planificación ambiental. |
| Karazapato | No se aplica. | Producción manual y mayormente individual.<br>Falta de asistencia técnica económica y constante.<br>Mecanizado. | Poca práctica de autoevaluación cooperativa. | En proceso de capacitación por diferentes instituciones. | Pocos avances. |

*(Continúa)*

## Cuadro 7 *(Continuación)*
## Cumplimiento de la Ley del Medio Ambiente

| Subcuenca y cooperativa | | Limitantes | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Cumplimiento Ley 1333 | Operativas | Financieras | Educativas | Avances |
| Libres | No se aplica. | Producción manual y mayormente individual.<br>Falta asistencia técnica constante.<br>Mecanizado. | Falta de proyectos de crédito. | Nivel de educación completo. | Leve avance en planificación ambiental. |
| Sub cuenca Santa Fe<br><br>Japo | No se aplica. | Poca cultura cooperativa.<br>Extracción aleatoria, mecanizado.<br>Falta de organización administrativa.<br>Falta de desarrollo de nueva forma de producción racional de los yacimientos. | No son sujetos de crédito.<br>Falta de financiamientos.<br>Falta de conocimientos básicos de manejo de cuentas.<br>Discriminación en distribución de ingresos.<br>Falta de patrimonio. | Falta de real ejercicio de funciones de miembros de los consejos.<br>Falta de capacidad para realizar proyectos factibles de financiamiento.<br>Falta de conocimiento de estatutos y carencia de un reglamento interno. | Presencia de gente joven con diferente pensamiento. |
| Morococala | No se aplica.<br>Esperan apoyo estatal. | Trabajo de cuadrillas e individual.<br>Falta de asistencia técnica fluida y constante. | Falta de capacidad de llevar una contabilidad eficiente. | Falta de acceso a capacitación y recursos.<br>Falta de educación cooperativa. | No tiene avances. |

*(Continúa)*

**Cuadro 7** *(Continuación)*

**Cumplimiento de la Ley del Medio Ambiente**

| Subcuenca y cooperativa | Cumplimiento Ley 1333 | Limitantes: Operativas | Limitantes: Financieras | Limitantes: Educativas | Avances |
|---|---|---|---|---|---|
| Santa Fe | No se aplica, perc están empezando proceso de obtención de la ficha ambiental. | Trabajo por cuadrillas manualmente.<br>Falta de asistencia técnica y social en el sector. | Falta de capacidad de realizar proyectos para financiamiento.<br>Falta de organización cooperativa. | Falta de capacitación y educación cooperativa.<br>Falta de conocimiento del procedimiento de obtención de la licencia ambiental. | No requieren en sus labores. |
| El Porvenir | No se aplica. | Trabajo por cuadrillas y manual con riesgo.<br>Falta de asistencia técnica económica en el sector. | Falta de manejo contable. | Falta organización administrativa y social.<br>Capacitación medioambiental. | Poco avance mediante instituciones de apoyo. |
| Subcuenca Poopó<br>Poopó | No se aplica. | Alto riesgo en producción.<br>Falta de apoyo técnico.<br>Áreas pobres de explotación.<br>Desvío de entregas.<br>Falta de seguridad en el trabajo. | Política tributaria negativa para el cooperativismo.<br>Falta de manejo contable.<br>En comercialización descuentos y condiciones desventajosas.<br>Falta de generación de utilidades y ahorro. | Falta de buena organización operativa y gestión para tener eficiencia y optimización.<br>División interna. | Trabajo del 80% por cuadrillas. |

Fuente: Elaboración propia

Por lo visto, concluimos que las cooperativas de estudio conocen mínimamente la Ley del Medio Ambiente, y que en su gran mayoría muestran dificultades técnicas para su aplicación inmediata. No faltaron, sin embargo, esfuerzos formativos, pese que aún predomina el criterio de los antiguos dirigentes, consistente en mostrar cierto rechazo a aceptar las normas ambientales, manifestando incluso incredulidad y desconfianza respecto de la pertinencia del cuidado del medio ambiente.

Una experiencia de avance en cuanto a actitudes aceptables con relación al medio ambiente se ha dado en la cooperativa de Japo, donde, en abril de 1999 y por iniciativa de CISEP, CEDIPAS Y FONCRESOL, se capacitó a promotores ambientales mineros, 6 de Morococala y 4 de El Porvenir. El trabajo comenzó con la habilitación del ingenio Santa Teresa de Japo, para la concentración gravimétrica con bajas recuperaciones que posteriormente se implementó con procesos de flotación; actualmente se está logrando la optimización del trabajo del tratamiento de minerales con uso adecuado de reactivos, ya que anteriormente el uso de éstos en forma manual no era controlado. Por otro lado, en la cooperativa Karazapato se realizaron cursos de capacitación en medio ambiente. La mina se está preparando adecuadamente para una explotación racional, lo cual posibilitará la extracción de minerales de mejor calidad.

Si bien estos esfuerzos son efectivos, son también limitados e insuficientes para atender adecuadamente el problema. En cualquier caso, el obstáculo más importante sigue siendo la falta de capacitación y formación.

## 4.7. Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM)

Por otro lado, los artículos 86, 87 y 90 del Código de Minería disponen que debe establecerse reglamentación específica para las operaciones y/o actividades mineras. Tal el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras, RAAM, que se analiza a continuación. Fue aprobado por Decreto N° 24782 de julio de 1997, y determina igualmente la obligatoriedad de las empresas y cooperativas mineras de contar con la Licencia Ambiental en sujeción a la Ley del Medio Ambiente y el Código de Minería. Tal también el Reglamento de Prevención y Control Ambiental (Decreto Supremo 24176, artículo 100), que especifica por su lado que aquellas empresas o cooperativas de minas ya existentes (las que estudiamos pertenecen precisamente a esta categoría), sólo deberán iniciar los procedimientos de control de calidad ambiental con la presentación del Manifiesto Ambiental.

Las licencias y permisos ambientales son documentos jurídico-administrativos otorgados por la autoridad ambiental competente al representante legal de la cooperativa, que avala el cumplimiento de todos los requisitos previstos en la Ley y correspondiente reglamentación en cuanto a prevención y control ambiental.

Para obtener la Licencia Ambiental, las cooperativas mineras deben presentar:

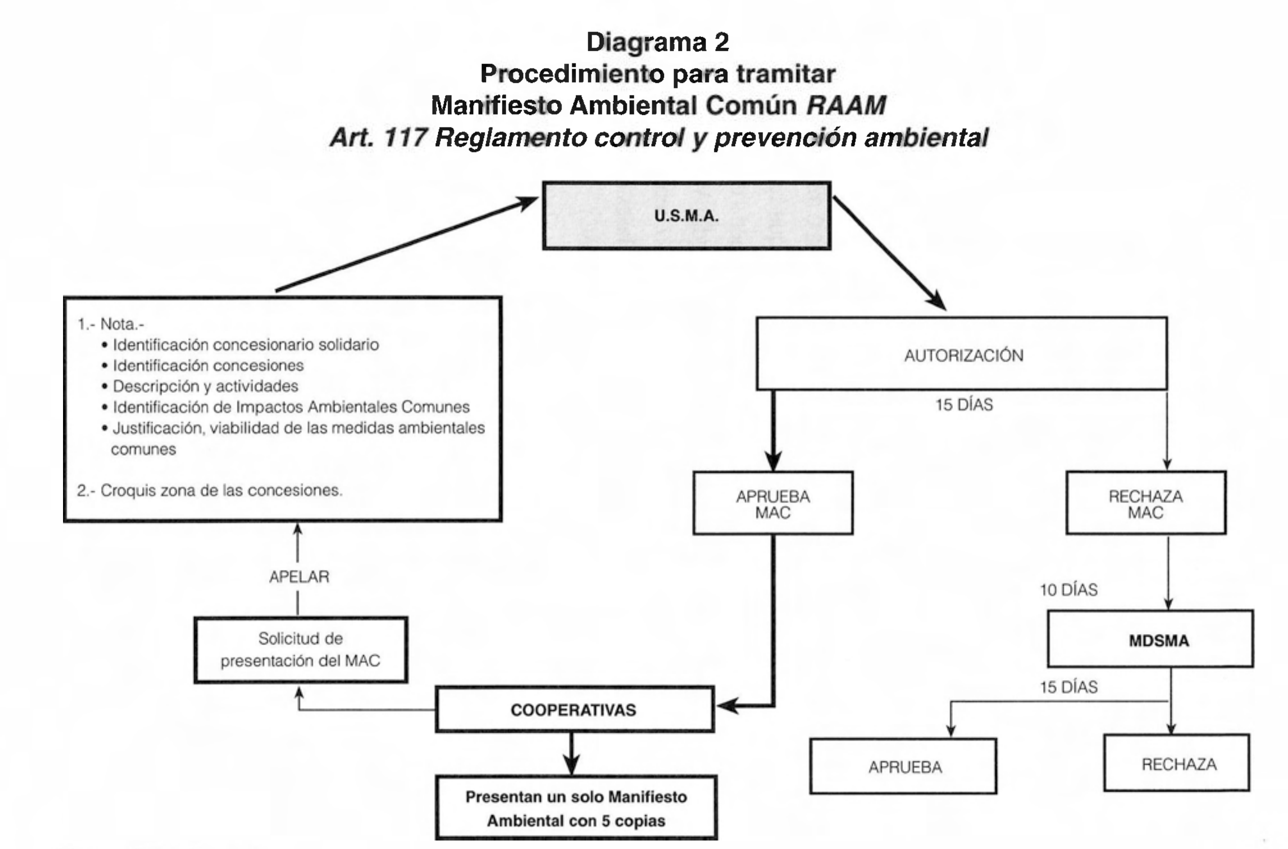
- Auditoría Ambiental de Línea de Base (ALBA), que tiene como objetivo definir el estado cero, cuantificando los daños ambientales originados por las actividades mineras anteriores de las cooperativas, lo que permite determinar la responsabilidad de la mitigación ambiental de las mismas. Por otro lado, el reglamento de prevención y control ambiental establece la obligatoriedad de la presentación del manifiesto ambiental y estipula también la posibilidad de presentar ALBAs comunes entre operadores mineros que realicen actividades en un mismo ecosistema o microsistema.
- El Manifiesto Ambiental (MA), instrumento técnico-legal que refleja la situación actual ambiental de la mina y propone su adecuación en orden a evitar mayor daño al medio ambiente. Previa consulta al Viceministerio de Medio Ambiente, las cooperativas mineras que actúan en un mismo ecosistema (v. gr.: cuenca, microcuenca) y tienen varias operaciones minero-metalúrgicas pero con fases operativas similares, pueden presentar un Manifiesto Ambiental Común (MAC).

Una vez aprobado el Manifiesto Ambiental Común, la autoridad competente emitirá una Declaratoria de Adecuación Ambiental individual como Título de Licencia Ambiental para cada uno de los concesionarios u operadores mineros, la misma que contempla las obligaciones ambientales individuales y comunes.

Los manifiestos y las auditorías deben ser realizados por consultores inscritos en la Dirección Nacional de Empresas Consultoras o consultores ambientales del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación.

- El Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) es el instrumento de control a través del cual la autoridad correspondiente verifica el cumplimiento de las medidas previstas en la Declaratoria de Impacto Ambiental o en la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA). El PASA incluye objetivos del plan, detalle de los aspectos sobre los cuales se realizará el seguimiento ambiental, identificación de la

**Diagrama 2**
**Procedimiento para tramitar**
**Manifiesto Ambiental Común *RAAM***
***Art. 117 Reglamento control y prevención ambiental***




Fuente: Elaboración propia.

información que responda a los objetivos, los puntos frecuentes de muestreo, el personal y materiales requeridos, obras e infraestructura a efectuarse para la realización del plan, estimación del costo y cronograma del plan, funciones y responsabilidades del personal, análisis o parámetros de verificación del cumplimiento del plan y previsión de elaboración de informes.

El PASA deberá proyectar un programa de prevención para minimizar o anular los impactos negativos descritos, a fin de preservar el medio ambiente (ver Diagrama 3).

## 4.8. Otros reglamentos importantes

En diciembre de 1995 se promulga el Decreto Supremo N° 24176 que contiene seis reglamentos referidos a peligros de contaminación específicos. Para la presente investigación, los dos más importantes son los siguientes:

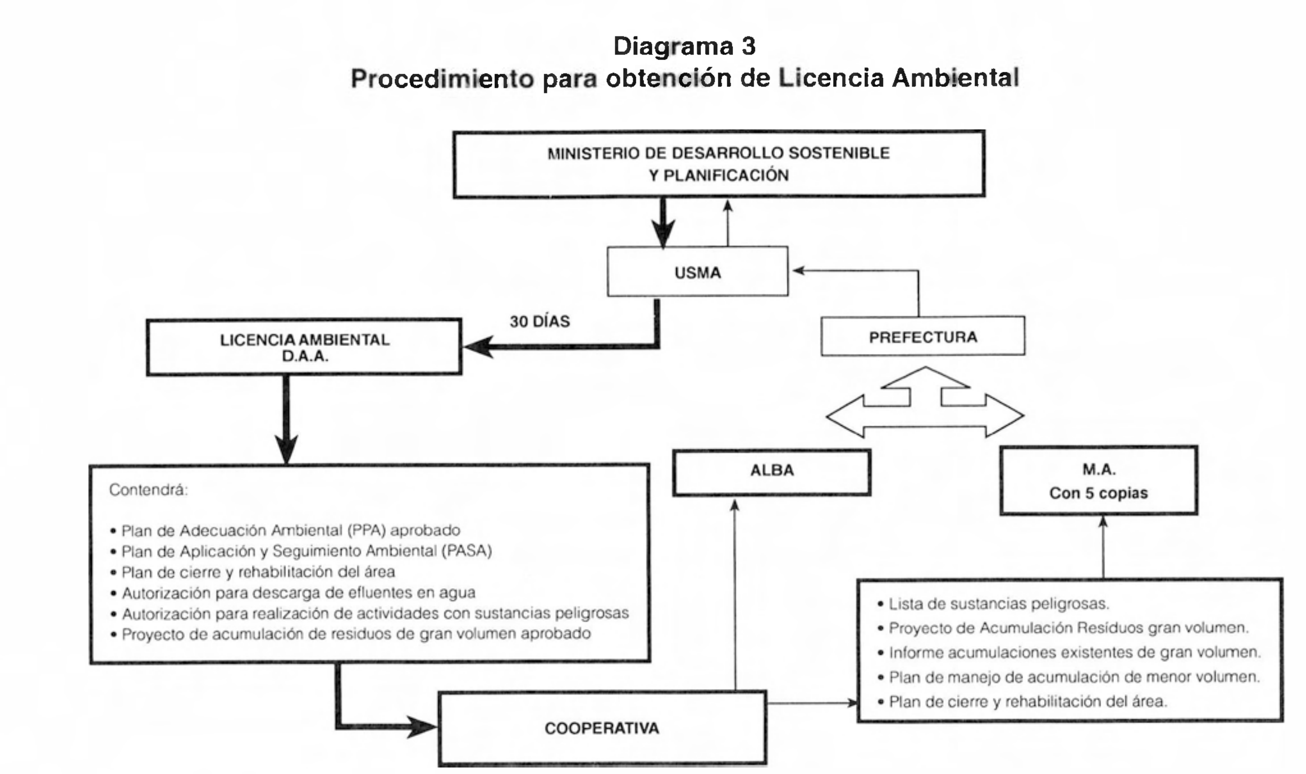
El reglamento en materia de contaminación hídrica, que determina tratar las aguas de mina en una planta de tratamiento antes de descargarlas a los ríos. Para aguas subterráneas se dispone que el agua infiltrada debe ser de mejor calidad que aquéllas. Asimismo, se deben impermeabilizar los pisos de desmontes, lagunas, diques y canaletas. La contaminación hídrica es la presencia de contaminantes o sustancias ajenas en arroyos, ríos, lagos, acuíferos por encima o debajo de los límites superiores o inferiores permitidos.

El reglamento también establece las condiciones de descarga de efluentes en cuerpos de agua y presenta una lista de los mencionados límites permisibles de metales y cianuro en descargas líquidas. Trata del monitoreo y evaluación de la calidad hídrica, de la prevención y control de la contaminación y conservación de la calidad hídrica de los sistemas de tratamiento y de las aguas subterráneas, del uso de aguas y de la contaminación de cuencas de curso sucesivo.

Por otro lado, las cooperativas mineras que trabajan con sustancias inflamables, residuos sólidos y fangos que descargan a los ríos, y cuya composición no respete los límites permitidos, deberán solicitar permiso especial mediante el Manifiesto Ambiental. Sin embargo, se debe presentar análisis de calidad del agua cada seis meses a la autoridad ambiental competente.

El Reglamento para Sustancias Peligrosas, por su parte, controla y autoriza a las cooperativas la realización de las actividades mineras con sustancias peligrosas, debiendo llenar el formulario de "Lista de Características de las Sustancias Peligrosas".

## Diagrama 3
## Procedimiento para obtención de Licencia Ambiental




Fuente: Elaboración propia

Obtenida la licencia ambiental, ésta debe ser renovada en los siguientes casos:

- Al incrementarse equipos y maquinarias.
- Al ampliarse la capacidad instalada en un 33%.
- Al abandonarse o interrumpirse la actividad por un lapso de tres años.
- Al clasificarse nuevamente los cuerpos de agua.
- A los cinco años de obtenida la licencia.

La licencia ambiental para actividades mineras tiene vigencia de diez años y fenece cuando concluyen las actividades, por nulidad, caducidad y por revocación a causa de reincidencia en la comisión de infracciones administrativas.

## 4.9. Dificultades

Por todo lo descrito, se concluye que las cooperativas mineras en general, pero sobre todo las que nos interesan y trabajan en las subcuencas de Huanuni, Poopó y Santa Fe, deben seguir un procedimiento harto complicado para la obtención de sus licencias ambientales. Es cierto que la posibilidad de conseguir el Manifiesto Ambiental Común ofrece una ventaja importante para las cooperativas, pues, en el caso que estudiamos, se puede aplicar a las tres subcuencas, reduciendo sensiblemente los costos. Pero aun así, las dificultades son muchas.

Si bien las disposiciones legales proponen medidas comprensibles para la mitigación ambiental, sobre todo por medio del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, la cantidad de exigencias hace difícil su real aplicación. Las cooperativas no poseen de hecho capacidad para contar con personal especializado y para tener puntos de muestreo y análisis químicos, todo lo cual requiere una acción íntegra que afectaría la estructura y economía de las cooperativas.

A menudo las condiciones de trabajo de las cooperativas son tales, que éstas no cuentan con documentos o carecen de ellos totalmente para la realización de los trámites. La situación es apremiante, pues en el momento de redacción de este trabajo, marzo de 2001, el Viceministerio de Minería, en el marco de los alcances del Decreto Supremo 25877 de 24 de agosto del 2000, determinó la ampliación de la fecha límite para la presentación de Manifiestos y Licencias Ambientales hasta el 24 de agosto del 2001. Para evitar que las entidades cooperativistas sufran mayores contratiempos, es

urgente que cuenten con el apoyo técnico del Estado u otras organizaciones para su correspondiente adecuación ambiental en aplicación de las normas que prescriben este asesoramiento.

Las cooperativas mineras a las que se hace referencia en este estudio deberían contraer el compromiso de realizar estudios y análisis de laboratorio cada seis meses y presentarlos a la Prefectura para proseguir sus actividades, pero está claro que esto es poco viable, porque no cuentan con los recursos humanos especializados y mucho menos económicos. Sólo como ejemplo: el análisis de aguas superficiales para el análisis de los elementos principales como los que se comentan en este estudio, tiene un costo entre 500 y 1.000 dólares, según cotización del Servicio Geológico Minero, SERGEOMIN, y también de un laboratorio al que consultamos en Oruro.

Además, por contener el agua trabajada elementos tóxicos, además de utilizar sustancias clasificadas como peligrosas por la ley en el proceso de concentración, las cooperativas estarían obligadas a implementar una planta de tratamiento de aguas residuales en cada subcuenca o en los ingenios. Sólo de esta manera, los efluentes serían controlados adecuadamente.

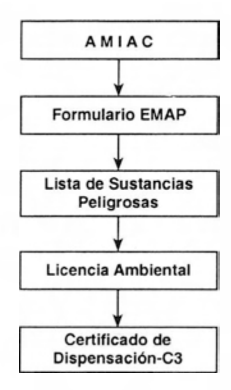
Por otro lado, de acuerdo al reglamento de sustancias peligrosas, se debe generar optimización, reciclaje, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y confinamiento de las sustancias peligrosas emitidas por la actividad minera, para lo cual las cooperativas deberían destinar espacios a propósito. También las cooperativas, de acuerdo al plan de cierre de actividad, deberían mitigar la contaminación emitida por su actividad por el lapso de tres años después de cerrada la producción, debiendo determinarse montos para la consecución de este objetivo.

## 4.10. El AMIAC

Sin embargo, existe un procedimiento más corto y menos costoso que es conocido como Actividades Mineras con Impactos Ambientales Conocidos (AMIAC), por medio del cual se puede igualmente satisfacer los requisitos señalados por Reglamentación de la Ley 1333. El procedimiento para optar por este medio está detallado en el Diagrama 4.

La obtención de la Licencia Ambiental por este procedimiento ofrece ciertos beneficios a las cooperativas. El tiempo de tramitación es corto y económico, porque no exige la contratación de una consultora; sólo se requiere llenar formularios de la oficina de Exploración y Actividad Minera Menor, EMAP, de sustancias peligrosas, de

**Diagrama 4**
**Procedimiento para conseguir el AMIAC**




descargas de efluentes de aguas a ríos, y puede ser realizado por el representante legal de la cooperativa.

Pero la alternativa tiene sus propios inconvenientes, que imposibilitan a algunas cooperativas optar por ella. Así, por ejemplo, tanto la capacidad de extracción como la de concentración de minerales debe ser igual o menor a 300 toneladas por mes. En este sentido, sólo las cooperativas de Machacamarca, Porvenir, Puente Grande, Santa Bárbara, Santa Fe y Morococala, del universo estudiado en esta investigación, pueden obtener la licencia ambiental a través del procedimiento AMIAC (ver Cuadro 8).

## 5. Leyes complementarias

### 5.1. Ley de Participación Popular

La Ley de Participación Popular reconoce a las juntas vecinales y comunidades campesinas el derecho de controlar y vigilar el impacto ambiental de las actividades mineras y de otros servicios que realicen sus pobladores. Las cooperativas mineras en estudio, como organizaciones de base y miembros institucionales que son de una comunidad, pertenecen a los municipios Pantaleón Dalence y Poopó. Deben identificar, priorizar y cooperar en la ejecución de obras de bienestar colectivo, coadyuvando a la protección de la salud ambiental de manera decisiva, como lo señala el artículo 8 de dicha ley.

**Cuadro 8**
**Licencias ambientales por cooperativa**

| Subcuenca | Cooperativa | Procedimiento para la obtención licencia ambiental | | |
|---|---|---|---|---|
| | | MAC | AMIAC | Beneficioso |
| Subcuenca Huanuni | Playa Verde | SÍ | NO | MAC |
| | La Salvadora | SÍ | NO | MAC |
| | Karazapato | SÍ | NO | MAC |
| | Libres | SÍ | NO | MAC |
| Subcuenca Santa Fe | Morococala | SÍ | SÍ | AMIAC |
| | Santa Fe | SÍ | SÍ | AMIAC |
| | El Porvenir | SÍ | SÍ | AMIAC |
| Subcuenca Poopó | Poopó | SÍ | NO | MAC |

Fuente: Elaboración propia

La cualidad de esta ley es que en el futuro podrá brindar mayor ayuda en la ejecución de programas para facilitar la introducción de sistemas de gestión ambiental y promover su certificación en un plano nacional, con recursos del Estado. Como su nombre bien lo indica, la participación popular promueve mayor participación de parte del poblador de base, que no otra cosa es el cooperativista, de manera que éste tendrá a la larga la oportunidad de elegir proyectos de desarrollo con menor impacto ambiental negativo.

## 5.2. Ley de Descentralización Administrativa

Esta ley otorga al Prefecto la potestad de ser la máxima autoridad en materia de medio ambiente, capaz de ejecutar programas y proyectos de desarrollo en áreas donde desarrollan sus actividades las cooperativas mineras. La Prefectura, mediante su unidad correspondiente, debería otorgar las licencias ambientales, pero actualmente esta entidad gubernamental no cuenta con la posibilidad de realizar la tarea, por lo que las cooperativas realizan el trámite directamente en el Viceministerio de Medio Ambiente con el apoyo de FEDECOMIN. Así, la gestión ambiental a nivel departamental queda como un simple enunciado.

## 6. Sanciones e infracciones

Los instrumentos jurídicos que regulan la gestión medioambiental tipifican y sancionan las actividades que realizan las cooperativas, haciéndolas pasibles a sanciones cuando no están enmarcadas dentro de los mismos, mereciendo incluso sanciones penales, tal como señala la Ley 1333 y su reglamentación. Sin embargo, en los hechos, y dado el carácter social de las actividades que cumplen las cooperativas, la aplicación de sanciones se hace imposible, ya que afectaría severamente a su producción, corriendo incluso el peligro de cierre eventual, lo que provocaría más desempleo.



CAPÍTULO TRES

# El sistema productivo de las cooperativas

## 1. Características de las subcuencas

La actividad de las cooperativas mineras se caracteriza principalmente por la producción de concentrados de estaño, zinc, plata, plomo y oro. Esto no implica que la operación productiva del cooperativismo minero se reduzca a dichos minerales; también se explotan yacimientos de piedra caliza, abono vegetal, piedra pizarra, cobre, bismuto y otros, que por tener escaso significado en cuanto a su valor económico y a los volúmenes de producción bajos no son objeto del presente análisis.

Las cooperativas que realizan su labor de explotación en la subcuenca Huanuni, Karazapato, La Salvadora, Libres y Playa Verde, tienen producción de estaño en yacimientos antropogénicos como son los relaves, colas, desmontes y trabajo de interior mina, siendo este último reducido. La concentración de minerales se realiza manualmente, utilizando el método gravimétrico y de flotación. Este mismo proceso es utilizado por las cooperativas del sector de Machacamarca.

En cuanto a la subcuenca Santa Fe, la cooperativa minera El Porvenir de Japo realiza la explotación de desmontes en forma manual y en superficie, además de puentes y cargas dejadas por antiguos trabajos en interior mina. En una primera etapa por método gravimétrico y en una segunda mediante concentración por flotación en *buddles*. Por su parte, la cooperativa Santa Fe realiza explotación manual, pero selectiva, de minerales complejos del tipo "guía mina", mineral escogido de alta ley que es comercializado directamente.

La cooperativa Morococala realiza la explotación de estaño oxidado en interior mina en forma manual, mientras la concentración es gravimétrica y se lleva a cabo en el ingenio.

En cambio, la cooperativa Minera Poopó realiza la explotación de minerales complejos (plomo, plata y zinc) en forma mecanizada, mientras que la concentración se hace por flotación.

### 1.1. Propiedad del paraje

En la subcuenca Huanuni la propiedad del paraje es de COMIBOL y el resto proviene de alquileres de parajes internos y otros tipos de concesión. En las subcuencas de Santa Fe y Poopó la propiedad del paraje es de arrendamiento de COMIBOL.

**Cuadro 9**
**Propiedad de los parajes**

| Subcuencas | Propiedad | Porcentaje |
|---|---|---|
| Huanuni | COMIBOL | 77,31 |
| Santa Fe | COMIBOL | 100 |
| Poopó | COMIBOL | 100 |

Fuente: Elaboración propia

### 1.2. Tipo de yacimiento

Se explotan una serie de minerales de diferentes yacimientos, siendo los de preferencia de las cooperativas los aluviones, zonas de oxidación, filonianos magnéticos, hidrotermales con vetas formales que contienen una mineralización compleja.

La adjudicación personal de los parajes o vetas es pequeña, lo mismo que la dimensión de las estructuras de las minas, que por lo angostas no permiten el uso de medios técnicos ni equipo minero estandarizado y mecanizado.

Estas cooperativas realizan la explotación en yacimientos filonianos, siendo el filón un relleno de mineral de una grieta en otra más antigua. Los yacimientos trabajados son del tipo polimetálico, pero llevan mayor porcentaje de minerales específicos como es el caso de Huanuni, donde el estaño es el elemento explotable. En Poopó y Santa Fe se explotan minerales complejos de plata, plomo y zinc. El Cuadro 10 presenta el tipo de yacimiento geológico.

## Cuadro 10
## Yacimientos metalíferos geológicos más importantes

| Tipo de yac. geológico industrial | Tipo de estructura que contiene mineral | Morfología y estructura de los dep. metalíferos | Composición de las menas | Complejo de met. útiles | | Ejemplo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Principales | Acompañante | |
| Yacimientos pre-cámbricos polimetálicos estratificados | Estructuras estratificadas y plegadas, interrupciones secantes y de cada estrato de las rocas encajonantes generalmente de composición carbonatada. | Depósitos estratificados y lenticulares uniformes con una fina estructura metasomática. | Menas de sulfuros carbonatadas, cuarzosas con predominio de pirrotina, pirita, galenas y esfalerita. El contenido de polimetales es hasta 10% y más en las de 2-8%, en las menas ricas y cercanas diseminadas. | Plomo, generalmente. Predomina el zinc. | Cu, Ag, As, Sn. | Antequera Poopó y otros. |
| Yacimientos de formación de *greisen* de metales raros. | Zonas apicales de granito intrusivo y sus endocontactos debido a los sistemas de fisuras tectónicas. Zonas de trituración. | Masas irregulares de filones entrecruzados de estructura no uniforme. | Menas de cuarzo y casiterita, así como de cuarzo y sulfuros con contenido de Sn en filones de hasta 1-2%, y, en las vetas entrecruzadas, -1%. | Estaño. | Ag, Zn, Pb. | Morococala Japo |
| Yacimientos de formación de silicato de sulfuro. | Intrusiones hipabisales en las rocas *flish* y de origen volcánico. En zonas fisuradas de trituración y sericitización. | Zonas filonianas y zonas de trituración de estructura bandeada y diseminada no uniforme. | Menas y sulfuros de casiterita y silicatos, de composición compleja, con un contenido de estaño de 0,3 a 2%. | Estaño. | Zinc. | Huanuni. |

Fuente: Elaboración propia en base a Kazhdan, 1982.

## 2. La explotación

La explotación minera es una combinación de varias operaciones técnicas destinadas a la extracción del mineral de la forma más económica posible, y viene precedida por el reconocimiento, desarrollo y preparación de la mina. Presentamos un modelo de elección en el Anexo 4.

Reconocimiento. Es la exploración de la mina realizando recortes en busca de nuevos cuerpos mineralizados o ramificaciones de cuerpos ya existentes.

Desarrollo. Es la operación que se efectúa en la mina con el objeto de fisonomizar en forma positiva los alcances de la mineralización y su potencia. Por tanto, el desarrollo nos proporciona datos para conocer los verdaderos alcances en todo el cuerpo.

Preparación. Esta labor es la de mayor consideración entre las operaciones de la mina; demarca la calidad y cantidad de mineral con el que cuenta, y que puede ser explotado en forma positiva y favorable. Esta operación es la culminación del trabajo conjunto ejecutado durante las operaciones de reconocimiento y desarrollo; exige conocimiento técnico, dedicación y visión minera. La ejecución debe ser adecuada a procedimientos técnicos que contribuyen favorablemente a completar toda la obra, y se hace de acuerdo a la naturaleza y conformación del yacimiento en cada caso particular, así como a las necesidades de la mina.

Un sistema de explotación es una combinación de las operaciones de extracción, arranque, carguío, transporte y otros, las cuales deben ser cumplidas de la mejor manera posible; sin embargo, es muy difícil tratar íntegramente este sistema, decisivo y multivariable, así como el de la definición del mejor sistema de explotación para un depósito de mineral.

Como se ha señalado ya antes, se advierte una general precariedad en las condiciones de explotación minera, por cuanto las cooperativas trabajan de manera manual y mecanizada, acorde con sus escasos recursos y sin apoyo y asistencia técnica, tal como se muestra en el Cuadro 11.

En algunas cooperativas de Huanuni la asistencia técnica es casi desconocida y en otras es regular. En la cuenca de Santa Fe, entretanto, la cooperativa El Porvenir recibe asesoramiento regular, mientras que el resto no recibe nada. En la cooperativa Poopó la asistencia es muy reducida.

## Cuadro 11
## Asistencia técnica recibida

| Asistencia técnica recibida | Subcuenca Huanuni | Subcuenca Santa Fe | Subcuenca Poopó |
|---|---|---|---|
| Mucha | —— | —— | —— |
| Regular | X | X | —— |
| Poca | —— | —— | X |
| Nada | —— | XX | —— |
| No conoce | XX | —— | —— |
| Otros | —— | —— | —— |

Fuente: Elaboración propia

La explotación subterránea se realiza en los sectores que tienen mayor riqueza, con excepción de Poopó, que dirige la atención hacia las secciones que presentan posibilidades de una explotación sostenible. La explotación en superficie es manual (ver Cuadro 12).

La selección de las partes ricas del yacimiento en interior mina provoca pérdida de recursos minerales y, por consiguiente, de fuentes de trabajo. Para su recuperación, se realizan alternativamente trabajos en desmontes y colas-relaves, de acuerdo a la necesidad y cuando la veta se agota.

En general, las cooperativas se debaten dentro de la lógica de explotación de subsistencia, debido a los parámetros no controlables de cotización de los minerales y la estructura de los yacimientos explotados.

### 2.1. Explotación subterránea

La explotación de la minería subterránea abarca el trabajo de materias primas, utilizando sistemas técnicos y manuales, tomando en cuenta la infraestructura y las medidas de seguridad necesarias en labores tales como perforación, carguío, desagüe, alumbrado, voladura, transporte, ventilación y fortificación. A los problemas técnicos se agregan dificultades derivadas del método de explotación, que es inadecuado, de la escasa distribución y la poca coordinación de trabajo.

Pese a que existen organizaciones con las cuales se podrían realizar labores de coordinación, no se efectúa esta tarea. Existe, por ejemplo, poca coordinación con las federaciones del sector, aunque se observa cierta presencia del Presidente del Comité de Vigilancia. En el caso de Huanuni y El Porvenir de Japo, se realiza cierta coordinación con el supervisor técnico.

**Cuadro 12**
**Tipo de explotación**

| Subcuencas | Cooperativa | Tipo de explotación subterránea | Tipo de explotación superficie | Sistema de explotación actual | Mineral que explota |
|---|---|---|---|---|---|
| Huanuni | Karazapato | Manual y mecanizado. | Manual | Ninguno Pirquin | Sn y Pb-Ag |
| | La Salvadora | Manual y mecanizado. | Manual | Ninguno Pirquin | Sn |
| | Libres | Manual. | Manual | Ninguno Pirquin | Sn |
| | Playa Verde | Manual. | Manual | Ninguno Pirquin | Sn |
| Santa Fe | Morococala | Manual y mecanizado. | ----- | Ninguno Pirquin | Sn |
| | Santa Fe | Manual. | ----- | Ninguno Pirquin | Pb-Ag-Zn y Sn |
| | Porvenir-Japo | Manual. | Manual | Ninguno Pirquin | Sn |
| Poopó | Poopó | Manual y mecanizado. | ----- | Ninguno y acopio | Pb-Ag-Zn |

Fuente: Elaboración propia.

Las dificultades organizativas y técnicas provocan labores deficientes, por lo que muchos yacimientos pequeños, pero de alto contenido, son considerados económicamente no rentables. La distribución de trabajo no es posible porque los parajes no están cuantificados o delimitados para una explotación prolongada.

La explotación de las reservas de las cooperativas que trabajan en interior mina se realiza por explotación tipo "pirquin", extrayendo minerales de alta calidad solamente en sectores accesibles y con buena ley y dejando los desechos en el interior. Esta operación suele provocar un bloqueo de galerías, lo que perjudica una futura extracción. Este tipo de explotación se realiza en sectores abandonados por COMIBOL, en un horario informal y de acuerdo a la disponibilidad individual. La jornada de trabajo es variable. En Huanuni y Santa Fe es de ocho horas, y en Poopó, de doce.

Las labores de explotación se realizan desconociendo normas de seguridad industrial, por lo que no se prevé la emergencia de accidentes. Tampoco se cuenta con equipos de seguridad, aunque existe predisposición a realizar inversiones en este aspecto. Por sus características (trabajo en interior mina), en Poopó se aplica seguridad industrial en un 50%. En el resto de las cooperativas el desconocimiento es mayor.

### 2.1.1. Sistema manual

El trabajo en interior mina se refiere principalmente a la explotación por el sistema "pirquin" de puentes, pilares y algunos rajos. Es una explotación manual a golpe de cincel y combo, seleccionando el mineral en el mismo lugar. Las herramientas que más se utilizan son el "combo", que es indispensable para golpear la roca que está entremezclada con los minerales, el "cincel", que está hecho de pedazos de barreno, la "punta" o "barreno", que sirve para realizar perforaciones en ciertos lugares, y "la cuchara", que permite extraer el polvo de los orificios destinados al "disparo" con cargas pequeñas de dinamita.

Entre los insumos, se utilizan fulminantes con su respectiva "masa" y "guía". El proceso de voladura se realiza rudimentariamente, pues se prepara la "carga" con periódicos o revistas viejas. Debido a que se suele utilizar pequeñas extensiones de "guía", se corre mucho riesgo durante la huida o escapada de la detonación.

Las herramientas son escondidas en la propia mina, porque su peso impide transportarlas cada día, pero también por el acecho de los "jucus", que explotan los parajes en forma ilícita.

Los socios cooperativistas no tienen lugares fijos de explotación, ya que deben "escarbar" permanentemente el poco mineral que queda en socavones ya explotados; por ello cambian continuamente de lugar de trabajo. Esta situación implica peligro permanente, especialmente en los parajes que no están preparados oportunamente, porque puede ocasionar caídas, derrumbes, acumulación de gases, etc.

La carencia de equipos y herramientas hace que el trabajo de los cooperativistas se cumpla sólo en sectores accesibles y de fácil explotación, quedando seguramente vetas por descubrirse, pero que requieren mayor exploración técnica.

La explotación de interior mina exige contar con equipos y maquinaria como ser carros metaleros, líneas *decauville*, guinches y otros. Algunas cooperativas cuentan con ellos, ya que fueron cedidos en calidad de alquiler por COMIBOL, pero las demás continúan extrayendo el material en carretillas o cargando los sacos de mineral en sus espaldas. El costo elevado de energía eléctrica es el principal problema para la utilización de guinches (ver Cuadro 13).

### 2.1.2. Sistema mecanizado

La presencia de compresoras de aire, máquinas perforadoras, bombas de aguas y guinches eléctricos para la extracción sobre rieles con carros metaleros tipifica la producción como mecanizada (ver Cuadro 14). Las cooperativas que han accedido a esta forma de trabajo son Poopó y Morococala. A título de ejemplo, veamos los insumos que usa la cooperativa Poopó, que tiene mecanizadas las secciones más importantes para la explotación en sus diferentes niveles:

- Máquina perforadora BBD 90 Atlas Copco.
- Barrenos de 1.2 metros.
- Dinamita 7/8 * 8 FANEXA.
- Cápsulas detonantes (fulminantes) No. 6 FANEXA.
- Mecha de seguridad (Guía impermeable).
- Nitrato de amonio.
- Diesel.
- Aceite de perforación.

## Cuadro 13
## Proceso de explotación manual de minerales
## (Cooperativa minera Santa Fe)

| Nº | Labor | Maquinaria y equipo | Insumo | Cantidad | Tiempo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Preparación labor de perforación.<br><br>Elección y limpieza del paraje.<br><br>Personas: 2 | Espadillas de tojeo<br>Tanque de agua<br>Tubería de agua<br>Taqueador<br>Pala, picota<br>Carretilla | Agua<br>Madera<br>Dinamita<br>Guía<br>Fulminante<br>ANFO, papel | 20 lts.<br>1 Pza.<br>3 Pzas.<br>16 Pies<br>8 Pzas.<br>4 kg | 1 1/2 h. |
| 2 | Perforación<br>Personas: 2 | Perforación a pulso<br>Barreno de 50 cm<br>Martillo<br>Llave crescent | | | 5 h. |
| 3 | Cargado de taladros<br>Voladura (encendido)<br>Salida personal: 2 | Mecha de encendido | De ítem 1 | De ítem 1 | 1 h. |
| 4 | Ventilación del paraje. | Abertura de chimeneas de ventilación | ----- | ----- | 4 h. promedio |
| 5 | Limpieza de la carga quebrada, acopio a carguío. Selección de "alta ley" (2 personas) | Pala<br>Picota<br>Manual | -----<br><br>Bolas metaleras | ----- | 5 h. |
| 6 | Extracción manual transporte de carga, acopio en buzón principal exterior (4 personas) | Carros metaleros<br>Rampa-guinche | -----<br>----- | -----<br>----- | 3 h. |
| 7 | Transporte a depósito.<br>Molienda primaria en chancadora. | Volqueta | | | 1/2 h. |
| 8 | Comercialización<br>Nº de personas: todos<br>Tiempo total<br>Nº de veces al mes | Volqueta<br><br>20 horas<br>10 - 12 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

## Cuadro 14
## Proceso de explotación mecanlzada de minerales (Cooperativa minera Poopó)

| Nº | Labor | Maquinaria y equipo | Insumo | Cantidad | Tiempo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Preparación labor de perforación.<br>Elección y limpieza del paraje.<br>2 personas. | Espadillas de tojeo, tanque de agua, manguera de agua, manguera de aire, pala, picota, lámpara | Agua<br>Madera<br>Dinamita<br>Guía<br>Fulminante<br>ANFO<br>Papel | 50 lts.<br>1 Pza.<br>6 Pzas.<br>36 Pzas.<br>12 Pzas.<br>12 kg | 1 1/2 h. |
| 2 | Perforación. | Máquina perforadora, barreno, llaves Stilson, llaves Crescent, compresora eléctrica o a diesel | Aire comprimido | | 2 h. |
| 3 | Cargado de taladros.<br>Voladura.<br>Salida personal (2) | Mecha de encendido | De ítem 1 | De ítem 1 | 1 h. |
| 4 | Ventilación del paraje. | Abertura de chimeneas de ventilación | ----- | ----- | 1 h. promedio |
| 5 | Limpieza de la carga quebrada.<br>Acopio a carguio.<br>Selección carga de "alta ley"<br>(4 personas) | Pala<br>Picota<br>----- | -----<br><br>Bolsas<br>Metaleros | ----- | 4 h. |
| 6 | Extracción y transporte de carga.<br>Acopio en buzón principal exterior (4 personas) | Carros metaleros | ----- | ----- | 2 h. |
| 7 | Transporte a ingenio.<br>Nº de personas total.<br>Tiempo total.<br>Nº de veces al día.<br>Nº de veces al mes. | Volqueta<br>6<br>16 horas<br>1<br>10 a 12 | | | |

Fuente: Elaboración propia

El sistema de perforación se realiza de acuerdo a las dimensiones del paraje; la mayoría utiliza taladros 12-14, "sircando" la veta (es decir, separando mineral y roca), de tal manera que no exista mezcla del mineral. En la voladura, se usa uno o medio cartucho de dinamita por taladro, con su respectivo detonante y guía, que varía entre 3 y 4 pies de longitud (todo el conjunto se denomina "armada"). Los disparos o voladura se ejecutan en horarios determinados, aproximadamente cada dos días, de tal manera que el humo producido no perjudique al resto de las labores, por la falta de ventilación natural, labor que se realiza en coordinación con los jefes de sección.

El mineral es extraído de los niveles inferiores por medio de guinches pequeños para ser transportado mediante carros metaleros hasta la superficie, a un buzón de acopio, desde donde luego será trasladado al ingenio mediante volquetas. El personal está dividido en cuadrillas, las cuales están organizadas para trabajos eventuales comunes de rehabilitación y otros, poniendo especial atención en la fortificación de los sectores de entrada. Este tipo de labor se realiza en menor escala en las cooperativas Karazapato de Huanuni (mina María Francisca) y en la cooperativa Morococala. El cuadro 14 explica mejor lo señalado.

## 2.2. Explotación en superficie

En cuanto a la explotación en superficie que llevan a cabo las cooperativas Libres y Playa Verde de Huanuni, se realiza en yacimientos antropogénicos que son desmontes de carácter heterogéneo, colas gruesas de *sink-and-float* y de *jig*, colas finas de flotación y de mesas, colas finas mezcladas con sedimentos aluviales y colas resultantes de separación gravimétrica y/o flotación que fueron descargadas en los ríos y sedimentadas en sus lechos.

Este grupo de yacimientos representa un potencial inmenso para operaciones de retratamiento; su valioso contenido se debe a la escasa recuperación de las plantas de concentración de operaciones grandes, por ejemplo de los ingenios de COMIBOL y Allied Deals Minera Huanuni S.A. Se trata de yacimientos seleccionados que han dejado desmontes relativamente ricos después de la minería practicada durante mucho tiempo.

Todas estas reservas exigen bajos costos de explotación, material triturado y en general baja inversión, lo que lleva a la conclusión de que son ideales para su explotación por parte de las cooperativas mineras. Además, los problemas técnicos son menores que en la minería subterránea y la necesidad de espacio para la realización de las

labores no es un problema, en especial en tareas como la acumulación de aguas, trituración y secado del mineral.

Al igual que en la minería subterránea, el grado de mecanización de la operación en superficie determina la producción, por el poco contenido de mineral existente en la carga "bruta" (colas de ingenio). Sin embargo, la tecnología aplicada en el proceso de concentración representa el punto más importante en la labor de las cooperativas.

### 2.2.1. Sistema manual

En una época en que la tecnología ha alcanzado niveles muy altos, el trabajo de las cooperativas en la explotación de residuos mineros, desmontes, colas, relaves y otros, se realiza todavía en forma manual, utilizando pala, picota y otros accesorios, especialmente en las cooperativas de Huanuni y el Porvenir.

El proceso de extracción de mineral de los residuos mineros se divide en dos fases. La primera se realiza en un lapso entre diez y quince días, generalmente al final de cada mes, periodo en el que se tamiza el material depositado para recuperar la fracción que contiene la mayor cantidad de casiterita. Algunas rocas ricas en mineral, sin embargo, son separadas antes de este tamizado.

El material seleccionado por una cuadrilla durante quince días equivale a una carga de 2 a 3 camiones, aproximadamente de 5 a 8 cubos, que luego es transportada y descargada en el río aguas abajo, descargando también de esta manera "materia prima" para la contaminación.

Pequeñas cantidades de colas descargadas desde el ingenio son procesadas por simple "paneo", sin ningún tipo de transporte o selección. Este trabajo es realizado por las palliris, que representan un 15% de la población laboral productora de las cooperativas. Se trabaja en condiciones precarias y el agua del río que se usa para este trabajo está mezclada con residuos fecales y domésticos. Probablemente sólo la elevada acidez del agua evita la proliferación de enfermedades.

### 2.2.2. Sistema mecanizado

Por ser empresas productivas de sobrevivencia, las cooperativas mineras no cuentan con ningún tipo de equipo ni maquinaria que aligere sus labores. Eventualmente alguna de las cooperativas de Huanuni cuenta con una pala mecánica utilizada por la empresa Allied Deals Minera Huanuni S.A., para el retiro de las colas, máquina que es aprovechada por los cooperativistas para poder cargar a sus volquetas y remover los residuos del río.

## 3. La concentración de minerales

La concentración de minerales comprende todos los procesos de recuperación del mineral bruto para convertirlo en comerciable. La concentración puede ser gravimétrica (mecanizada en húmedo), proceso en el que no cambia la sustancia de los minerales, o por flotación, llevada a cabo con compuestos químicos.

El éxito de este trabajo depende de la recuperación tanto de la masa como del material valioso, pero sobre todo de los porcentajes finos del concentrado. Existen para el cumplimiento de este objetivo muchas técnicas, pero los cooperativistas no tienen acceso a ellas; su trabajo en cambio tiene características rudimentarias, con herramientas manuales como la pala, picota, quimbalete, y otros fabricados por ellos mismos. Ante la carencia de tecnología y la necesidad de recuperar la mayor cantidad de mineral valioso, recurren tanto a su potencial creativo como a su experiencia y capacidad para realizar sus jornadas diarias de concentración. La concentración de minerales se realiza utilizando pequeñas plantas procesadoras como quimbaletes, *buddles*, maritates y otros accesorios de apoyo.

En el cuadro 15 se puede apreciar la clasificación de los tipos de concentración que realizan las cooperativas.

En ocasiones se utiliza la concentración diferencial mecanizada para los minerales complejos, como ocurre en la cooperativa Poopó. En cambio en Santa Fe se realiza en forma de "pallado". Poopó y Japo cuentan con ingenios mecanizados, mientras las demás realizan este trabajo en forma manual.

**Cuadro 15**
**Tipo de concentración en las cooperativas**

| Sub-cuencas | Cooperativa | Sistema de concentración | Concentración gravimétrica | Concentración por flotación | Producto obtenido |
|---|---|---|---|---|---|
| Huanuni | Karazapato | Manual | Manual | Manual | Sn |
| | La Salvadora | Manual | Manual | Manual | Sn |
| | Libres | Manual | Manual | Manual | Sn |
| | Playa Verde | Manual | Manual | Manual | Sn |
| Santa Fe | Morococala | Mecanizado y manual | Mecanizado | Manual | Sn |
| | Santa Fe | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | Porvenir-Japo | Mecanizado y manual | Mecanizado | Manual | Sn |
| Poopó | Poopó | Mecanizado y manual | ----- | Mecanizado | Ag - Pb<br>Zn - Ag |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1. Concentración gravimétrica

Se refiere a los trabajos realizados después de extraído el mineral de interior mina; el procedimiento se aplica de acuerdo al peso específico que presenta el mineral. Es un proceso húmedo que requiere el uso de agua en cantidades abundantes y para el cual se recurre a "maritates". En base a un movimiento rítmico vertical, en varias etapas de selección de tamaño, se va separando el material más pesado. Este trabajo es realizado por las cooperativas mineras que explotan estaño, como Huanuni, El Porvenir de Japo y Morococala.

La sedimentación se realiza mediante un movimiento constante de inmersión y emersión de la criba en el agua, con movimientos de oscilación del material sedimentable, de manera que el concentrado queda abajo, el producto intermedio, encima, y la ganga, arriba. Esta última se desecha mediante una espátula, quedando sólo el mineral valioso.

La concentración también se efectúa en mesas concentradoras mecanizadas donde se recupera una parte del material valioso, dejando otra parte para una segunda operación que, mediante flotación, permite la separación del mineral en forma más selectiva.

#### 3.1.1. Sistema manual

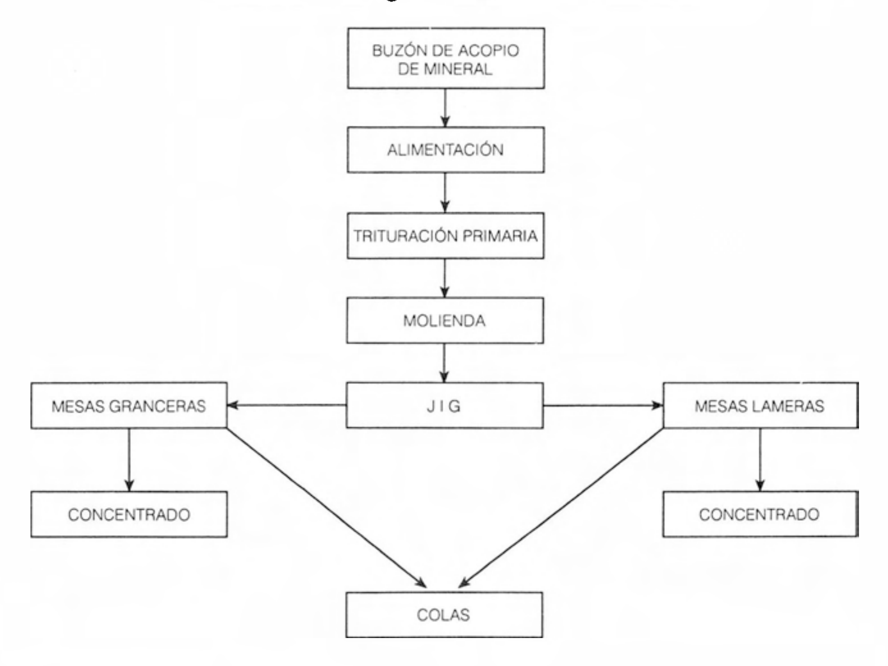
La técnica de la concentración gravimétrica en los *jigs* o "maritates" manuales se realiza colocando el material dentro el agua y sedimentando el mineral valioso con movimiento pulsatorio. Debido al funcionamiento sencillo y a la aptitud local, la extracción manual del producto posibilita un alto grado de separación; tiene, sin embargo, la desventaja de ser un trabajo intermitente y de poca producción. El uso es práctico sobre todo en lugares donde se dispone de agua.

Las cooperativas que explotan minerales de estaño oxidados, como son Japo y Morococala, usan la técnica de concentración gravimétrica para la recuperación de minerales. También las que trabajan en colas y desmontes.

#### 3.1.2. Sistema mecanizado

Esta forma de concentración se refiere al proceso de separación del mineral comerciable en mesas concentradoras que son accionadas por motores eléctricos excéntricos que proporcionan un movimiento vibratorio controlado. En una primera etapa los minerales pasan por la mesa denominada "grancera", para luego pasar por la "lamera". Estas mesas se diferencian por la calidad y tamaño del mineral que tratan. El Diagrama 5 nos describe esta forma de concentración:

**Diagrama 5**
**Concentración gravimétrica mecanizada**




### 3.2. Concentración por flotación

En este tipo de concentración se aprovecha la humedad de la superficie de los minerales, estado que es inducido artificialmente. La alimentación del mineral es suspendida en una pulpa con un porcentaje de material sólido de alrededor del 30%, y el mineral valioso es selectivamente hidrofobizado, para lo cual se adicionan reactivos colectores que son en su mayoría hidrocarburos de cadena larga con un valor de pH de la pulpa especialmente ajustado. La pulpa acondicionada llega luego a la celda de flotación, donde es puesta en contacto con burbujas de aire inyectadas que se dispersan. Las partículas de minerales se adhieren a las burbujas y son impulsadas a la superficie de la pulpa como mezcla de espuma-mineral, donde son expulsadas mediante una paleta como '*float*'. Para impedir la hidrofobización no deseada de minerales acompañantes y extraerlos en el '*non float*', se agregan a la pulpa reactivos depresores. En la flotación indirecta se concentra el mineral valioso en el '*non float*' hidrófilo.

El proceso de separación permite la individualización de los minerales que anteriormente se encontraban entremezclados y exige tres componentes: sólido, líquido y gaseoso. El sólido está representado por las materias a separar, mientras que el líquido es el agua, que, por sus propiedades específicas, constituye un medio ideal para dichas separaciones; el gaseoso, finalmente, es el aire.

> Los minerales de una pulpa acuosa se pueden separar entre sí, luego de ser finamente molidos y acondicionados con reactivos que hacen más pronunciadas las propiedades, haciendo pasar burbujas de aire a través de la pulpa. Las partículas hidrofóbicas (afinidad a la burbuja) se adhieren a las burbujas de aire y pasan a la espuma, mientras que las partículas hidrofílicas (por afinidad al agua, se mojan) caen al fondo de la celda de flotación." (Sutulov, s.f.: 14-15).

### 3.2.1. Sistema manual

La concentración viene con el proceso del lavado. Para este fin, el agua del río es conducida por pequeños canales a uno principal que desemboca en un estanque circular o *buddle*, de un metro de diámetro y 70 cm de profundidad. Una pequeña salida de agua se encuentra en el lado opuesto a la entrada, de manera que forma un movimiento circular dentro de la piscina. Hay uno o dos tamices ubicados en la desembocadura.

El material seleccionado es introducido en pequeñas porciones para permitir el lavado sucesivo, la clasificación por los cedazos finos y por último la separación gravimétrica de la fracción pesada en el centro del *buddle*. La fracción más grande es retirada y molida en un mortero (quimbalete) y puesta en otro *buddle* para su lavado y separación gravimétrica. La fracción fina, pesada y rica en casiterita es periódicamente retirada de la parte central del *buddle*. Esto representa casi un cuarto del depósito en un *buddle* lleno. La fracción de mineral rica es luego lavada una vez más; esta fase del proceso lleva de 8 a 14 días.

Para retirar las impurezas (por ejemplo la pirita) de los concentrados de estaño, se usan reactivos químicos tales como ácido sulfúrico, xantato y kerosén o aceite; con ello se logra una flotación rudimentaria. Para el tratamiento del concentrado rico en sulfuro se usan aproximadamente 3 kg de xantato y 5 l de ácido sulfúrico para cuatro bolsas (100-120 kg) de concentrado. El ácido sulfúrico es a veces reemplazado por agua ácida traída de la mina San José de Oruro (pH 1,5-2.) Las cantidades de reactivos usados dependen del contenido de pirita. El concentrado es secado antes de su venta. El procedimiento se muestra en el Cuadro 16.

## Cuadro 16
## Concentración manual de minerales
## (Cooperativas mineras de Huanuni)

| Nº | Labor | Maquinaria y equipo | Insumo | Cantidad | Tiempo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Explotación**<br>Cernido de material de casiterita.<br>Carguio a volqueta<br>4 personas. | Cedazo, pala, picota | Agua | Continuo | 10 - 15 días. |
| 2 | **Transporte**<br>El material seleccionado equivale de 10 a 15 ton y es transportado al río Huanuni.<br>4 personas. | Pala, picota, volqueta | ----- | ----- | 1 - 2 días. |
| 3 | **Lavado del material**<br>Se realiza el lavado de material.<br>Recolección agua de río Huanuni, hasta el *buddle* (estanque circular) de D = 1 m y Prof. = 0,7 m.<br>Ejecución de lavado dentro la piscina. | Pala, picota, canaleta, tubería de PVC, buddle, tamices | Agua | Continuo | 4 - 7 días. |
| 4 | **Concentración del mineral**<br>Separación por gravimetría del material seleccionado en varias etapas, quedando la fracción pesada en el centro del buddle.<br>La fracción mayor es molida. | Cedazo, buddle, maritate, quimbalete, pala, picota, martillo | Agua | Continuo | 4 - 7 días. |
| 5 | **Concentración con reactivo**<br>Para retirar los sulfuros de los concentrados se usan reactivos adecuados para lograr flotación rudimentaria.<br>1 -2 personas.<br>El ácido sulfúrico es a veces reemplazado por agua ácida de la mina San José. | **Buddle *pala***, picota | Ácido sulfúrico<br>Xantato<br>Kerosén<br>Agua ácida | 5 l/120 kg<br>30/120 kg<br>5 l/120 kg<br>15 l/120 kg | 1 - 2 días. |
| 6 | **Secado del concentrado**<br>El material es secado en bolsas en superficie de acuerdo a las inclemencias del tiempo.<br>Preparación del material para la venta.<br>Número total de personas.<br>Tiempo total promedio. | Bolsas<br><br><br>4<br>22 días | ----- | ----- | ----- |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Sistema mecanizado

La partícula de mineral es la que tiene propiedades hidrofóbicas suficientemente fuertes como para poder flotar. Pero en primer lugar hay que romper enlaces químicos para efectuar la liberación del mineral.

En el proceso de flotación es necesario hidrofobizar las partículas minerales en la pulpa para hacerlas flotables. Esto se efectúa con los reactivos llamados colectores, que son compuestos orgánicos de carácter heteropolar. Además se añade espumante para formar pequeñas burbujas de aire cuando se inyecta a la celda de flotación.

Las partículas y burbujas están en constante agitación, debido a los rotores de las celdas de flotación, de modo que para realizar su unión es necesario: a) su encuentro, y b) condiciones favorables para formar el agregado. El encuentro se realiza por el acondicionamiento y la agitación dentro de la celda.

Los reactivos de flotación son, sin duda alguna, los componentes y las variables más importantes del proceso, debido a que la flotación no se puede efectuar sin ellos. Por lo tanto es imprescindible el uso de colectores, espumantes o modificadores del medio.

Por otra parte, los efectos favorables o desfavorables causados por otras variables (molienda, aireación, densidad de pulpa, etc.) no pueden sobrepasar en su importancia los efectos positivos o negativos de una fórmula de reactivos. No es raro, entonces, que a la investigación de los reactivos y al estudio de las fórmulas más apropiadas se dedique generalmente la mayor parte del esfuerzo en la solución del problema metalúrgico de los minerales. Es muy difícil establecer un equilibrio permanente en el control y la previsión del proceso ideal, tomando en consideración que, aparte de los reactivos introducidos concientemente en la pulpa, hay una considerable variedad de iones provenientes de las impurezas que traen el mineral mismo y las aguas usadas.

Para la concentración de minerales complejos por flotación, se considera como medida standard determinado consumo de reactivos, el mismo que es el más utilizado en las cooperativas, aunque es variable en función de las características mineralógicas (ver Cuadro 17).

La compra de estos insumos es posible en la mayoría de los casos en el mercado local; su manejo exige mucho cuidado.

La cooperativa Poopó es la más representativa en la práctica de este proceso, ya que cuenta con una planta para el propósito, y los minerales que trata son los complejos.

**Cuadro 17**
**Insumos y reactivos**

| Item | Cantidad | Unidad | Descripción | $us/kg | $us/ton |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,50 | kg | Acero | 1,20 | 0,60 |
| 2 | 14,00 | kg | Cal | 0,06 | 0,84 |
| 3 | 0,40 | kg | Cianuro de sodio | 3,80 | 1,52 |
| 4 | 0,50 | kg | Sulfato de zinc | 1,00 | 0,50 |
| 5 | 0,05 | kg | Aerofloat 242 | 4,00 | 0,20 |
| 6 | 0,04 | kg | Dow Froth 1012 | 4,20 | 0,17 |
| 7 | 0,51 | kg | Sulfato de cobre | 1,30 | 0,66 |
| 8 | 0,40 | kg | Xantato Z-11 | 2,70 | 1,08 |
| 9 | 1,00 | kg | Lubricantes y otros | 1,00 | 1,00 |

Fuente: Elaboración propia

## 4. Comercialización e inversión

### 4.1. Cantidad producida

Como se ha señalado ya abundantemente, el problema principal para la producción de estas minas es la falta de un adecuado asesoramiento técnico, por lo que es necesario tomar en cuenta este aspecto para lograr objetivos de mayor producción. En especial e inicialmente, urge contar con equipos e insumos necesarios acordes al trabajo que realizan estos trabajadores.

Al mismo tiempo, según la composición del mineral bruto, el proceso de recuperación es una labor muy importante. Las propiedades físicas y químicas de los componentes, la distribución granulométrica y otros, son factores decisivos para una mejor producción, ya que de ellos dependerá mucho la futura comercialización de los minerales.

La producción de las cooperativas de Huanuni es en cierta manera dependiente de las colas que va desechando el ingenio Santa Elena. Éstas son descargadas en el río Huanuni a razón de 428 toneladas por día (según pudimos observar durante el tiempo de investigación), cuando el ingenio Santa Elena opera normalmente. Su cantidad varía y depende, pues, de la producción de la mina y también de la época del año. El promedio, con todo, es de 43.44 kg/mes para cada socio; la ley promedio del material oscila entre 45 y 50% de estaño.

En este contexto, más que hablar de simbiosis, la relación entre la empresa privada y las cooperativas puede describirse como de recíproca dependencia. Las cooperativas dependen de la empresa privada para el suministro de materia prima y la empresa depende de las cooperativas para retirar las colas del punto de descarga. Los problemas más importantes son el bloqueo de las salidas y el congestionamiento del río.

Los Cuadros 18 y 19 muestran lo anteriormente descrito en los sectores de Huanuni y Santa Fe, de acuerdo al número de socios:

### Cuadro 18
### Producción de las cooperativas de estaño (sector de cooperativas de Huanuni)

| Cooperativa | Nº socios | Ingreso promedio/ cooperativa Bs/mes | Ingreso promedio por socio Bs/mes | Producción promedio por cooperativa kg/mes | Producción promedio por socio kg/mes |
|---|---|---|---|---|---|
| Karazapato | 700 | 865.807,45 | 1.236,86 | 51.955,00 | 74,22 |
| Libres | 600 | 305.874,78 | 509,79 | 17.931,00 | 29.89 |
| La Salvadora | 600 | 362.556,73 | 604,26 | 15.106,00 | 25,18 |
| Playa Verde | 450 | 355.629,00 | 790,00 | 17.102,00 | 38,00 |
| **Subtotal 1** | **2.350** | **1.889.867,96** | **804,19** | **102.094,00** | **43,44** |

Fuente: Elaboración propia

### Cuadro 19
### Producción de las cooperativas de estaño (sector de cooperativas de Santa Fe)

| Cooperativa | Nº socios | Ingreso promedio/ cooperativa Bs/mes | Ingreso promedio por socio Bs/mes | Producción promedio por cooperativa kg/mes | Producción promedio por socio kg/mes |
|---|---|---|---|---|---|
| Porvenir | 47 | 51.679,62 | 1.099,57 | 4.600,57 | 97,89 |
| Santa Fe | 26 | 23.349,92 | 898,07 | 1.546,68 | 59,49 |
| Morococala | 145 | 93.452,22 | 644,49 | 6.089,00 | 37,58 |
| **Subtotal 2** | **218** | **168.481,76** | **877,37** | **12.236,25** | **68,97** |
| **Total 1 + 2** | **2.568** | **2.058.349,7** | **801,54** | **114.330,25** | **54,21** |

Fuente: Elaboración propia

La información de los cuadros permite concluir que las cooperativas de las subcuencas Huanuni y Santa Fe tienen producciones que alcanzan el promedio de 54.21 kg/mes por socio. Pero, por otra parte, entre ambas cooperativas hay diferencias que se establecen en función de la población laboral. Es así que Huanuni tiene más socios debido a que el área de trabajo es mayor tanto en superficie como en mina (Cuadro 20).

**Cuadro 20**
**Producción de las cooperativas de minerales complejos (ag - pb - zn)**

| Cooperativa | Nº socios | Ingreso promedio/ cooperativa Bs/mes | Ingreso promedio por socio Bs/mes | Producción promedio por cooperativa kg/mes | Producción promedio por socio kg/mes |
|---|---|---|---|---|---|
| Poopó | 145 | 107.920,21 | 744,28 | 67.696,97 | 466,88 |
| Santa Fe | 16 | 18.282,70 | 1.142,67 | 11.067,25 | 691,70 |
| **TOTAL** | **161** | **126.202,91** | **783.87** | **78.764,22** | **579,29** |

Fuente: Elaboración propia

Las cooperativas productoras de minerales complejos tienen un volumen de producción de 579 kg/mes, lo que representa un ingreso de 784 Bs/mes. Sus ingresos son, pues, menores que los de los productores de estaño, aunque tienen mayor volumen de producción. Santa Fe tiene mayores ingresos porque cuenta con sectores del yacimiento no explotados, en donde se explota sin tomar en cuenta la previsión de reserva de la mina.

## 4.2. Comercialización

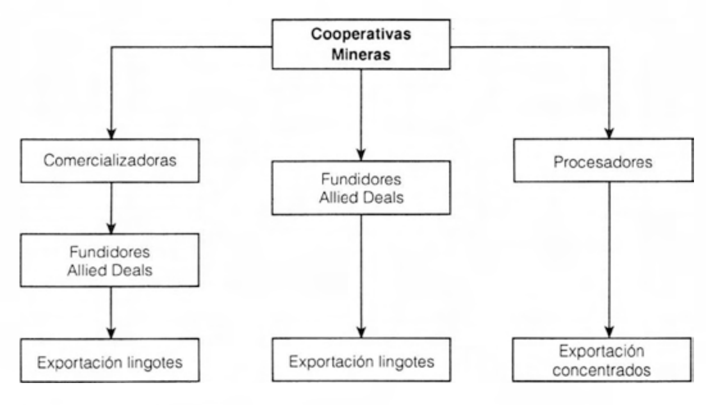
**Cuadro 21**
**Comercialización de minerales**

| Institución | % |
|---|---|
| Ex ENAF Vinto | 74,5 |
| Comercializadores | 15,3 |
| No venden | 8,8 |
| Otros | 0,7 |
| **TOTAL** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia

Para la venta de sus concentrados de estaño de alta, media y baja ley, las cooperativas mineras siguen un proceso de venta que está expuesto en el flujograma de comercialización del Diagrama 6. Los productos de estaño son comercializados tanto en la Empresa Allieds Deals Vinto S.A. como en procesadores y comercializadoras existentes en el departamento, quienes realizan la fase de la exportación de concentrados o lingotes de estaño metálico.

**Diagrama 6**
**Flujograma de comercialización**




Fuente: Elaboración propia

En el caso de las comercializadoras, la cancelación se realiza dentro de las 24 horas, pero lamentablemente las cooperativas no reciben el precio justo de acuerdo al peso y ley de los concentrados.

## 4.3. Ingresos y gastos

Los cooperativistas aportan mediante descuentos obligatorios a la CNS, FEDECOMIN, FENCOMIN, canon de arrendamiento y régimen impositivo estatal. Los gastos administrativos, costos preoperatorios, energía eléctrica, pro-deportes, actividades culturales y otros, se descuentan de acuerdo a la producción de cada cooperativa y son independientes en cada una de ellas, variando en función del número de socios, calidad del mineral y temporada de trabajo.

Los gastos relacionados con la producción (materiales, herramientas, aportes y otros) suelen tener mucha significación, sobre todo los gastos de la subcuenca Poopó, donde el proceso de producción (labores en interior mina) tiene un costo elevado. En cambio, en la subcuenca Santa Fe los gastos son más moderados, debido a las características del trabajo en la superficie. Lo mismo cabe decir del trabajo en las laderas de río, como ocurre en la subcuenca Huanuni, donde se registra un nivel de gastos bajo.

El Cuadro 22 nos presenta la relación entre producción y gastos promedio:

**Cuadro 22**
**Relación producción-gasto promedio**

| Producción kg/mes | Gasto en herramientas Bs/mes | Gasto en materiales Bs/mes | Total Bs/mes |
|---|---|---|---|
| 81,61 | 103,09 | 120,45 | 223,55 |

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro nos muestra los promedios de todas las cooperativas estudiadas; el cálculo de los ingresos debe considerar el monto total de gastos en herramientas, materiales y otros aportes que hacen los cooperativistas a sus organizaciones.

En referencia a los ingresos, los cooperativistas del grupo encuestado tienen un ingreso promedio de 796 bolivianos al mes, considerando sólo los ingresos provenientes de la minería. Este promedio varía por tamaño y tipo de mineral explotado de las cooperativas; en la subcuenca Huanuni, productora de estaño, existe un ingreso promedio mensual de Bs. 804; en el resto de las productoras de estaño, asciende a 801. Finalmente, las productoras de complejos tienen un ingreso de 784 bolivianos al mes. En un promedio general, los gastos de los cooperativistas alcanzan 815 bolivianos al mes.

A simple vista y como consecuencia de este panorama económico, se puede concluir que los cooperativistas en su generalidad trabajan a pérdida, sin posibilidad alguna de ahorro. Esto es evidente si se consideran sólo los ingresos provenientes de la minería, pero hay que tomar en cuenta los ingresos provenientes de otros rubros de actividad, principalmente del comercio y de la agricultura, así como por concepto de trabajos de otra índole realizados por algún otro miembro de la familia, principalmente el hijo mayor y la mujer. Tomando en cuenta estos aspectos, y según la encuesta que se ha aplicado a los cooperativistas, hemos concluido en que los cooperativistas logran ahorrar un 9,56 % de sus ingresos totales.

Ello posibilita la aplicación de cierta política de inversión a futuro. La excepción la constituye Poopó, donde sus socios se expresaron en sentido de tener gastos mayores, por encima del promedio de otros centros mineros, por lo menos en el periodo en que se realizó este estudio.

## 4.4. Estrategias económicas

La estrategia económica de los cooperativistas es producir diariamente una cantidad de mineral determinada, tratando de ahorrar al máximo en materiales, energía y reposición de repuestos. Es decir, que se trabaja con herramientas y maquinaria hasta su agotamiento; en este aspecto no se miden los sacrificios a nivel humano, lo que queda suficientemente ilustrado por expresiones tales como "producir hasta morir". La estrategia económica está fundada en el sacrificio de la fuerza laboral y en su capacidad productiva, una lógica en la que no se mide el tiempo de trabajo diario; en cambio, es digno de anotarse el riguroso cumplimiento de las fechas de entrega de minerales.

La estrategia económica cooperativa no es regular, pues no observa disciplina. El cooperativista puede trabajar "todos los días cuatro horas continuas y nada más". En cambio, en las fechas de entrega "veinticuatrean", es decir, trabajan todo el día sin descanso, sacrificando su fuerza de trabajo. Los ritmos de trabajo y la disciplina responden a otro tipo de códigos; el cooperativista es una persona que no tiene costumbre de la sobreposición jerárquica, es un individuo independiente. Cuando se aproximan las fiestas, la producción se incrementa significativamente lo que muestra que en éste y otros aspectos, la generación de ingresos se da en función a las necesidades inmediatas. Éste es un rasgo de carácter cultural que guarda gran importancia.

## 4.5. Lógica de inversión

La lógica de inversión se basa en la experiencia del laboreo minero, producto de muchos años de trabajo, y está asociada a la cantidad de reservas existentes en los parajes de pertenencia de la cooperativa. Los cooperativistas mineros prevén reservas para el mejoramiento de su sistema de producción. La lógica de inversión está basada en lo inmediato, es decir, en la producción diaria. Por ello, no cabe la idea de acumular grandes cantidades de dinero, ni tampoco realizar grandes inversiones a futuro sino la de ir reponiendo los explosivos, materiales, herramientas y suministros a medida que son necesarios. Al reforzamiento de esta forma de inversión contribuye la ya citada dificultad de las cooperativas de constituirse en sujetos de crédito.

El cooperativista trabaja mientras obtiene utilidades. En el momento en que no las obtiene, sale de la producción, porque no cuenta con recursos suficientes que puedan sobrellevar las pérdidas. No arriesga en ningún momento el proceso productivo, adquiriendo compromisos financieros que pudieran desestabilizar la estructura de su economía. En caso de requerir de financiamiento acuden a instituciones de promoción y apoyo a la pequeña minería.

## 5. Características socioeconómicas del cooperativismo minero

### 5.1. Aspectos demográficos

La zona de estudio cuenta con 30.311 habitantes en total, de los que 19.591 pertenecen a Huanuni, 6.501 a Poopó y 4.219 a la subcuenca Santa Fe (según el Censo de Población y Vivienda de 2001). La población económicamente activa (P.E.A.) de los centros mineros constituye un total de 5.206 personas; de éstas, 2.798 pertenecen a las cooperativas mineras, lo que representa el 53,75%.

La tasa de crecimiento poblacional para el caso de la provincia Pantaleón Dalence es de -1.87% para el periodo 1992-1996. No obstante, para el caso específico del municipio de Huanuni y en el periodo 1997-2002, la Unidad de Políticas de Población ha estimado un crecimiento poblacional de +1.07% anual.

La migración temporal se estima en un 45%; los destinos son preferentemente Oruro, Cochabamba y Santa Cruz. La migración temporal se realiza después de la cosecha, antes de los meses de marzo y abril, y hasta el mes de septiembre.

Como el resto del departamento en general, la población regional se caracteriza por dos tendencias: bajo crecimiento poblacional, debido a la migración, producida como efecto de la falta de fuentes de trabajo, y alta tasa de mortalidad infantil.

Por otro lado, el grado de pobreza es también dramáticamente alto: un 70% de las familias han sido clasificadas en el nivel de "extrema pobreza". La mortalidad infantil es de 113 por mil, y la esperanza media de vida está por debajo de los 59 años. La población joven, cuyo promedio de edad es 20 años, representa el 50%.

### 5.2. Otros indicadores sociales

Otros aspectos importantes referidos a la calidad de vida en la región son los siguientes:

Vivienda. En el sector cooperativizado que estudiamos, el 53% de los pobladores son propietarios de su vivienda (herencia, convenio con COMIBOL, etc.), un 30% vive en alquiler, mientras que el resto tiene contratos de anticrético y otros. Las viviendas fueron construidas en su mayoría por los propios pobladores y en otros casos son producto de una dotación de COMIBOL. Se caracterizan por tener paredes de adobe y tapiales (en un 95%), y hay un grupo pequeño (5%) de viviendas prefabricadas. La diferencia se nota fácilmente en la calidad del piso y el techo. El 76% de las viviendas tienen techo de calamina y el restante 24%, de paja y teja. Hay serios problemas de hacinamiento, pues, en promedio, cada cuarto es habitado por más de dos personas.

Servicios Básicos. En cuanto a servicios básicos, los centros mineros, en contraste con las poblaciones rurales, tienen el privilegio de una cobertura en general aceptable en el caso de la energía eléctrica y deficitaria en cuanto al agua; existen diferencias de acceso en función a la ubicación de las viviendas.

Energía eléctrica. El acceso a la energía eléctrica se aproxima al 94,9%, mientras que una porción menor del 5,1% carece del servicio, por lo que las familias se ven obligadas a usar velas y mecheros para la iluminación.

Agua. La red de agua potable alcanza al 59,1% en las viviendas de los cooperativistas. Sin embargo, el servicio se ve alterado por el factor climático, sobre todo en la época seca (septiembre, octubre y noviembre) cuando disminuye el caudal, lo que ocasiona una escasez que obliga a los cooperativistas a consumir agua de otras fuentes (pozos y cisternas).

Educación. Los resultados del presente estudio demuestran que los cooperativistas tienen una formación que fluctúa entre el ciclo básico incompleto y el bachillerato. La población comprendida en ambas categorías suma el 93% del total. La mayoría no pasa del básico incompleto (29%), el 24,4% llega al ciclo intermedio, mientras que los que alcanzan el ciclo medio (lo hayan completado o no) son el 25% (ver Cuadro 23).

Vemos pues que la mayoría de los cooperativistas mineros ha cursado el nivel básico, pero sin concluirlo, siendo muy pocos los que han alcanzado el bachillerato y la formación técnica. El cuadro también permite advertir las diferencias sustanciales en los niveles de educación en lo que respecta al género. Las mujeres analfabetas, por ejemplo, alcanzan un alto 6%, con relación a los hombres, aunque en otros niveles la relación es más igualitaria, cuando no inversa. Es el caso del nivel de instrucción básico completo, en el que las mujeres presentan mejores condiciones.

### Cuadro 23
### Niveles de instrucción según sexo
### (%)

| Niveles | Masculino | Femenino |
|---|---|---|
| Analfabetismo | 0,63 | 6,49 |
| Básico incompleto | 18,87 | 20,78 |
| Básico completo | 12,58 | 15,58 |
| Intermedio | 31,45 | 22,40 |
| Medio | 29,56 | 25,65 |
| Técnico | 3,77 | 1,95 |
| Superior incompleto | 3,14 | 5,19 |
| Superior completo | 0,00 | 1,95 |

Fuente: Elaboración propia

Mantener la atención de la educación a través de COMIBOL después del naufragio de esta entidad estatal, fue una de las prioridades locales. Los cooperativistas lograron evitar el cierre de algunos centros educativos, pero está claro que la cobertura es significativamente menor que en otras épocas. En 1995, por ejemplo, un establecimiento educativo en el centro minero de Japo se enfrentó a la posibilidad de cierre, y hoy, gracias a la cooperativa, continua prestando servicios en los niveles primario e intermedio. Lo mismo ocurre en otros centros mineros.

Salud. En cuanto a la atención de la salud, Huanuni cuenta con un hospital, Poopó con un centro de salud, Japo y Morococala con una posta sanitaria, pero Santa Fe no goza de ningún tipo de atención.

La mortalidad de niños menores de 5 años está asociada a los niveles de nutrición. En el Cuadro 24 se muestra que la mortalidad en el último año es alta en comparación al porcentaje del departamento de Oruro.

Pese a aportar a la Caja Nacional de Seguridad, sólo el 57,6% de la población cooperativa recurre a este servicio, debido a la mala atención que reciben y la desconfianza que ha anidado en ellos, por lo que se opta a menudo por la medicina natural. Entre las palliris, por ejemplo, los servicios pre y postnatales son beneficios desconocidos.

### Cuadro 24
### Mortalidad de niños menores a 5 años
### (%)

| | Huanuni | Japo | Machacamarca | Poopó | Oruro |
|---|---|---|---|---|---|
| Sí | 22,4 | 9,1 | 14,3 | 21,4 | 11,3 |
| No | 77,6 | 90,9 | 85,7 | 78,6 | 88,7 |
| **Total** | **100,0** | **100,0** | **100,0** | **100,0** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia con base en INE, 1999. Atlas estadístico de municipios

Alimentación. En cuanto a la calidad de la alimentación, el 95% de las familias declararon que desayunan, almuerzan y cenan. La mayoría de las familias consideran como una comida completa una sopa de arroz o fideo o un desayuno compuesto de té con pan, lo cual obviamente no puede considerarse una buena alimentación. Sin embargo, el cuadro que mostramos en relación al conocimiento del tema muestra que las mujeres están mejorando su nivel educativo en nutrición, constituyendo el eje de la familia en cuanto a seguridad alimentaria, puesto que ellas no migran cuando tienen altos niveles de estudio, además de que una mayor instrucción les permite conocer la "calidad" de alimentos que deben cocinar, y esto tiene efecto multiplicador en la familia.

### Cuadro 25
### Conocimiento de la nutrición

| Localidades | Respuestas afirmativas |
|---|---|
| Huanuni | 26,90 |
| Japo | 40,00 |
| Machacamarca | 6,70 |
| Poopó | 14,30 |

Fuente: Elaboración propia

La presencia de energía domiciliaria alcanza al 90% de los domicilios de la población de Huanuni y centros mineros de Japo, Morococala y Santa Fe. El costo familiar promedio es de 20 bolivianos por mes (Oruro, 1998. Plan de Desarrollo Municipal de Huanuni).

Situación ocupacional. Para entender la problemática de la minería cooperativizada, es necesario comprender su origen, la permanencia en el tiempo y las características de crecimiento social que ha demostrado. El objetivo primordial que motiva a las cooperativas es el deseo de crear fuentes de trabajo; de ahí la preocupación de contar con muchos socios para disminuir la desocupación que prevalece en la actualidad. Por eso, en este departamento se han llegado a conformar 28 cooperativas que se dedican a la explotación de todo tipo de minerales.

En cuanto a los ingresos que tienen los cooperativistas, los hemos comparado con los datos de la provincia Pantaleón Dalence, usados para correlacionar el nivel de ingresos económicos y la seguridad alimentaria. En el caso de los cooperativistas mineros de Oruro, representan sin duda en este aspecto un grupo vulnerable.

La fuerza laboral de la región constituye el 41,2% de la población en edad de trabajar; el 20,3% en actividades agrícolas y el 43% en las minas. La relación superficie cultivable/cultivada es de 2,5 a 1 en la región de Huanuni; el 50% de esta última produce en base a riego, especialmente en zonas como Sajsani (Oruro, 1998. Plan de Desarrollo Municipal de Huanuni).

En materia de aportes sociales, y pese a no contar con ingresos mensuales fijos, las cooperativas tienen obligaciones que cumplir. Pero una vez más, el cumplimiento de las mismas está sujeto al comportamiento del precio de los minerales que, como es sabido, se fijan en el mercado internacional.

En la cooperativa no se aplican los beneficios de la Ley General del Trabajo tales como vacaciones, subsidios y servicios prenatales y postnatales, esto último en el caso de las palliris y amas de casa. Es que los problemas económicos de las familias obligan a trabajar en la explotación gran parte del año, con el apoyo de mujeres y niños en sectores de labores de superficie. El trabajo es sumamente arduo, pues de la producción depende la mejora de los ingresos. Por eso prima la lógica de trabajar hasta agotar los recursos materiales y humanos de manera casi inmediata, sin prever el futuro de los recursos.

Es en este contexto socioeconómico que en general se desenvuelve el cooperativismo minero, sufriendo las consecuencias negativas del modelo económico vigente y con operaciones productivas de subsistencia por la falta de capacidad económica y escasa tecnología.

## 5.3. Modelo económico cooperativo

El modelo cooperativo presenta permanentemente contradicciones entre la teoría y la realidad. Las dificultades y realidades que se han descrito, hacen que al momento de implementar la filosofía cooperativa se encuentren infinidad de limitaciones. La realidad suele a menudo ser más cruda que los ideales del cooperativismo.

Pero, entre los aspectos positivos, se puede decir que las cooperativas encuentran funcionalidad en sus labores productivas; se trata de un trabajo que tiene ingresos con cierta regularidad, no es un modelo artificial sin sustento material y real, sino respaldado en la producción. En lo que va de la historia del cooperativismo minero, no se conocen casos de quiebra. El modelo cooperativo satisface las necesidades básicas de la gente con ingresos que sirven para satisfacer las necesidades básicas y la reposición de los medios de trabajo, generando también excedentes mínimos que son canalizados a la inversión familiar, lo que demuestra que funciona como forma alternativa de producción minera para la población de menos recursos.

Este modelo genera productos a precios vendibles y que no tienen problemas de comercialización. La producción de los cooperativistas es comercial, independientemente de la cantidad, y sus pagos son realizados de modo inmediato, lo que constituye un aliciente mayor en medio de las dificultades de la producción.

Asimismo, las cooperativas practican la inversión diferenciada entre los diversos socios, en contraste con las empresas. La igualdad dentro del cooperativismo, en lo que se refiere a la inversión, carece de realidad. Otra característica que habla de la viabilidad de las cooperativas es que la inversión en general está asegurada y no corre riesgos.

CAPÍTULO CUATRO

# Impacto ambiental de la producción minera cooperativizada

Si bien es cierto que la actividad minera es importante para nuestra economía porque genera fuentes de trabajo e ingresos, es también innegable que colateralmente trae problemas ambientales, puesto que esta actividad se realiza sin tomar en cuenta las previsiones necesarias para evitar dañar el medio ambiente. Esto debido a muchos factores —especialmente económicos— y pese a que existen las disposiciones legales que norman este aspecto. Las cooperativas mineras importantes en este momento por todo lo descrito anteriormente no se salvan de ser también vetas de contaminación ambiental, por lo que es necesario trabajar en este aspecto para evitar mayores consecuencias, no sólo en la salud del medio geográfico sino también en la salud humana.

Las actividades minero-metalúrgicas, en su mayor parte, siguen una secuencia que comprende las actividades de prospección, explotación y concentración. Cada una de estas etapas, especialmente las dos últimas, generan impacto negativo sobre el medio ambiente.

El volumen producido por las cooperativas en interior mina es de 1.302 toneladas de mineral quebrado al mes, de las cuales 1.135 son transportadas a plantas de procesamiento manual y mecanizado. Aproximadamente 130 toneladas son descargadas en sectores abandonados dentro de la mina y en los desmontes en superficie.

El Cuadro 26 nos muestra los volúmenes de concentrado y residuos sólidos que se manejan en las diferentes subcuencas.

## Cuadro 26
## Volumen de mineral movido por las cooperativas (toneladas/ mes)

| Sector | Mineral quebrado | Mineral a ingenio | Desmonte | Guía Mina | Colas de ingenio | Concentrado | % colas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Santa Fe | 24,0 | —— | 13,0 | 11,0 | —— | —— | —— |
| Japo | 240 | 240,0 | —— | —— | 235,4 | 4,6 | 1,97 |
| Morococala | 144,0 | 120,0 | 24,0 | —— | 15,9 | 4,1 | 0,96 |
| Poopó | 536,0 | 452,0 | 58,0 | 5,0 | 372,6 | 67,7 | 3,11 |
| Huanuni | —— | —— | —— | —— | 10.627,0 | 89,3 | 88,71 |
| María Francisca | 358,0 | 323,0 | 35,0 | —— | 345,2 | 12,8 | 2,88 |
| Machacamarca | —— | —— | —— | —— | 283,5 | 2,8 | 2,37 |
| **Total** | **1.302,0** | **1.135,0** | **130,0** | **16,0** | **11.979,6** | **181,3** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia

## 1. Tipos de contaminación

Para hacer una descripción adecuada de la manera en que el medio ambiente es afectado por los trabajos de las cooperativas mineras, es necesario tipificar correctamente las distintas formas en que se presentan los elementos contaminantes.

### 1.1. Residuos sólidos

Son todos los residuos sólidos de los trabajos mineros ejecutados por cooperativistas y otros, los mismos que contienen muchas veces minerales de composición química tal, que pueden reaccionar con las aguas de lluvia, modificando su pH original y generando aguas ácidas o, en su caso, básicas. Las colas son grandes volúmenes provenientes de la mina y de procesos de concentración, con sustancias químicas nocivas para el hábitat y expuestos a la intemperie.

También existen residuos sólidos que son producto de la explotación subterránea. A veces la selección del mineral valioso se realiza en el mismo lugar, dentro de la mina, para luego ser extraído. Y pocas veces el material estéril o "caja", que queda, es sacado a la superficie, debido al alto costo que implica esta operación. Pero cuando esto ocurre, una vez en la superficie, es depositado en los sectores denominados "cancha mina", luego se procede a la selección del mineral valioso con el trabajo de las palliris, dejando el resto en forma de "desmontes" que aumentan los pasivos ambientales. Los "desmontes" se van formando en las bocaminas, especialmente en sectores donde se tienen winches eléctricos de extracción vertical e infraestructura de extracción horizontal como ser rieles, durmientes, carros metaleros y otros, como ocurre en las cooperativas Poopó, Huanuni y Morococala.

En la minería subterránea se generan también otros polvos, tanto en las labores de perforación como en las voladuras. Este hecho afecta casi exclusivamente a "interior mina" y no tiene mayores repercusiones sobre el medio ambiente exterior. El efecto ecológico más nocivo y generalizado producido por la minería subterránea incide en la calidad del agua superficial, ya que ésta es contaminada por las aguas de mina que fluyen.

### 1.2. Residuos de operaciones de concentración

Las operaciones de concentración inciden directamente en la contaminación hídrica. Para corroborar esta afirmación, procedimos a realizar el análisis del agua en las tres subcuencas. Para determinar el grado de contaminación, se seleccionaron los parámetros críticos

contrastando los puntos de muestreo con las normas ambientales dadas en la Reglamentación de la Ley del Medio Ambiente. El reglamento en materia de contaminación hídrica no explicita una clasificación de cuerpo de agua, pero como las aguas provenientes de las tres subcuencas en estudio desembocan en el lago Poopó, y por la relación que éstas tienen con las zonas agrícolas aguas abajo, deben comprenderse entre las clases C y D del mencionado reglamento (Anexo 2). Para los fines de la evaluación de los parámetros, se consideraron como mínimos estos valores referenciales, mientras que los máximos son los límites permisibles para descargas líquidas a la salida de los ingenios. Los cuadros de comparación presentan el número de veces que se sobrepasan los límites permisibles establecidos en la Reglamentación de la Ley N° 1333.

Por otro lado, realizamos estimaciones de cargas contaminantes, tomando como dato referencial el caudal de flujo en cada punto muestreado. Para este cálculo tomamos la siguiente relación general:

$$F_C = C * Q$$

$F_C$ = Factor de contaminación [kg/día]
C = Concentración del parámetro [kg/m$^3$]
Q = Caudal diario [m$^3$/día]

Este factor puede ser afectado por el régimen de mezcla del río. Sin embargo, es difícil determinar el mismo y se asume que afectará por igual a los puntos de muestreo.

## 2. Subcuenca Huanuni

El Centro Minero Huanuni está ubicado a 49 km al sudeste de la ciudad de Oruro, en la provincia Pantaleón Dalence, en terreno montañoso perteneciente a la cordillera occidental este de Bolivia, al sur de las elevadas mesetas Morococala y Negro Pabellón. El área está profundamente recortada a una altura de 3.960 msnm (pueblo de Huanuni), y su pico más alto es el cerro Posokoni, aproximadamente a 4.600 msnm.

Esta subcuenca es drenada por el río Huanuni. El río Toco Toconi se une al río Huanuni aguas arriba de la mina e ingenio, los ríos Llojeta y Venta y Media lo hacen aguas abajo. Otros arroyos y pequeños cursos contribuyen al río Huanuni, pero sólo durante la estación de lluvias.

A la salida del pueblo el río se bifurca en dos brazos de 2 y 10 metros de ancho; en este lugar el ancho de la cuenca sobrepasa los 200 metros. A tres kilómetros aguas abajo de Huanuni, en la cercanía de la localidad de Playa Verde, el río Venta y Media, de agua limpia, que viene del sudeste pasando por el pueblo, se une al río Huanuni. Aproximadamente a 19 km del ingenio río abajo, los ríos Huanuni y Santa Fe forman el río San Juan de Sora Sora, que drena sus aguas en el lago endorreico Poopó.

Las cooperativas de Huanuni participan activamente en la contaminación del río Huanuni. Del análisis realizado se infiere que la actividad productiva de las cooperativas pertenecientes a este sector (Karazapato, Libres, La Salvadora y Playa Verde), por realizar acciones combinadas que se generan de diferentes fuentes, sólo es una parte del conjunto de problemas ambientales que se dan en la región. Hay además otro grupo de fuentes de contaminación que están relacionadas con el río Huanuni como medio receptor. A saber,

- Agua de mina que se vierte aguas arriba de las operaciones de las cooperativas.
- Agua del ingenio Santa Elena, administrado por la Allied Deals Minera Huanuni S.A.
- Agua residual urbana de la población.
- Agua de escorrentía que a partir de los pasivos ambientales producen una contaminación estacional.
- Las operaciones mineras de las cooperativas situadas aguas abajo.

Las actividades de las cooperativas mineras están delimitadas por áreas de concesión, siendo el proceso de explotación discontinuo. Por otra parte, disponen de otros asentamientos para el proceso de relave, el mismo que realizan en la ribera del río Huanuni.

El estudio en esta zona se ha concentrado en el área comprendida entre el puente del pueblo y Playa Verde, donde las cooperativas concentran el mineral. Este sector recibe mayores efectos de la contaminación, en primer lugar por las operaciones mineras de la empresa, mina e ingenio, luego por la población civil, y finalmente por las cooperativas mineras.

## 2.1. Residuos minerales

Los residuos minerales que se encuentran en el sector de Huanuni son depósitos en superficie, desmontes de colas sulfurosas, agua de copagira que contiene cationes pesados,

sólidos finos sulfurosos en suspensión y lagunas de aguas ácidas. Proceden de la explotación de yacimientos antropogénicos, tanto de superficie como de mina, del grupo Huanuni-Empresa Allied Deals Huanuni S.A. y de las cooperativas mineras Karazapato, Libres, La Salvadora y Playa Verde.

La auditoría ambiental realizada en Huanuni identificó 33 áreas diferentes de roca estéril y colas. El río se constituye en el depósito preferido de las colas finas que contienen elevadas cantidades de sulfuros, mayores al 20%, y los residuos de minerales depositados en tanques son periódicamente re-tratados manualmente por las cooperativas; esta actividad se conoce como relave.

## 2.2. Situación ambiental

Desafortunadamente, desde un punto de vista ecológico, la minería actual se practica de una manera muy precaria. El agua del proceso, las colas-arenas y las colas de flotación, ricas en sulfuros, son descargadas en el río desde el ingenio o excavadas del depósito "Porvenir". Asimismo, son cargadas por los trabajadores de las cooperativas en camiones y transportadas por el lecho del río aguas abajo de la población de Huanuni para la concentración de estaño. Estas descargas se suman a una gran cantidad de colas y otros residuos minerales depositados en el lugar y reprocesados en el lecho del río por las cooperativas.

Aparte del continuo flujo de colas de la empresa, ocurren descargas intermitentes desde varios puntos del proceso; sus fuentes se hallan en el circuito de recuperación de agua. Normalmente, los espesadores se vacían abriendo la válvula de fondo y descargando los sedimentos en el río. Las descargas irregulares de varios residuos de la planta también van al río.

En 1996, COMIBOL otorgó a las cooperativas el derecho de reprocesar el depósito Porvenir de colas-arenas. Esta cesión debe considerarse como particularmente desafortunada, ya que las colas de El Porvenir representan 2,4 millones de toneladas (Auditoría Ambiental Huanuni), siendo la mayor fuente de DAR de todo el distrito Huanuni y también el depósito de colas más grande del área de estudio. Si la operación continúa, toda esa cantidad de desechos irá a parar a los ríos Huanuni y San Juan de Sora Sora, y al lago Poopó.

## 2.3. La contaminación en el río Huanuni

La calidad del agua del río se deteriora progresivamente desde las condiciones de incontaminación que presenta aguas arriba, en la confluencia del río Huanuni con el río Toco Toconi, hasta la parte contaminada en el ensanche de la descarga del ingenio. A la salida del pueblo, en el puente colgante, comienzan con mayor énfasis las operaciones de las cooperativas mineras con la remoción de colas del ingenio Santa Elena, hasta el sector de Playa Verde.

El agua residual del pueblo de Huanuni contiene material orgánico a lo largo de la población. Se estima aproximadamente 1 kg/día de fósforo, heces y orina, cantidad suficiente como para iniciar la precipitación principalmente de iones de hierro por la dilución e incremento ligero del pH.

La contrastación entre la norma ambiental y las estimaciones de cargas se presentan en el Cuadro 27, para cada uno de los puntos de muestra tomados en cuenta.

A la salida del ingenio Santa Elena se observa la elevada turbidez con coloración plomo metálico del agua que fluye; esto indica la cantidad elevada de sólidos en suspensión que se encuentra en el río, aproximadamente de 155 ton/día calculados en el puente central del pueblo de Huanuni. Además, la gran cantidad de sulfatos expresados en un pH ácido con presencia de hierro y zinc en mayor proporción que los otros elementos.

Según datos de laboratorio, y contrastando con la norma para descargas líquidas, todos los elementos críticos analizados tienen índices peligrosos, a excepción del arsénico, que se encuentra por debajo de 0,05 mg/l.

En el sector de Playa Verde se tomó la muestra de una de las bifurcaciones del río Huanuni, en el último sector donde operan las cooperativas mineras. El ritmo de transporte masivo de contaminantes de agua está regido por el caudal y las propias características de las concentraciones de contaminantes. Por ejemplo, debido a la dilución, las concentraciones cambian con el caudal. No obstante, cada cuenca de drenaje tiene un patrón de escurrimiento/concentración propio.

Se observa una elevada cantidad (556 kg/día) de sulfatos en comparación con la de los sólidos suspendidos (445 kg/día), que en este caso es menor; también hay altas concentraciones de hierro. Sin embargo, el pH sube a 6,75, convirtiéndose en agua casi neutra.

El alto contenido de sulfatos presentes se debe a la utilización de ácido sulfúrico en las tareas de flotación primitiva que realizan las cooperativas, por una parte, y, por otra, a la remoción del material arrastrado aguas abajo.

## Cuadro 27
## Comparación de puntos de muestra con los límites permisibles [mg/l] y cargas diarias [kg/día] - Huanuni

| PARÁMETRO | Clase C y D | NORMA | HEIN-04 | HP-03 | Nº de veces s/Norma HEIN-04 | Nº de veces s/Norma HP-03 | HPVR-06 | HSSR-07 | Nº de veces s/Norma HPVR-06 | Nº de veces s/Norma HSSR-07 | Cargas diarias HP-03 | Cargas diarias HPVR-06 | Cargas diarias HSSR-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6-8.5 | 6-9 | 3,35 | 3,60 | - | - | 6,75 | 6,75 | - | - | - | - | - |
| **Sol. Susp. Tot.** | 100,00 | 60,00 | 98,00 | 20.480,0 | 0,63 | 340,33 | 1.683,00 | 1.646,00 | 27,05 | 26,43 | 155.713,54 | 444,95 | 22.521,07 |
| **Sulfatos** | 400,00 | 400,00 | 2.367,10 | 1.653,80 | 4,92 | 3,13 | 2.101,60 | 1.316,30 | 4,25 | 2,29 | 12.574,17 | 555,62 | 18.010,01 |
| **Cloruros** | - | - | 103,09 | 82,47 | - | - | 109,96 | 103,09 | - | - | - | - | - |
| **Cond. Elect.** | - | - | 3.150,00 | 2.390,00 | - | - | 3.020,00 | 2.250,00 | - | - | - | - | - |
| **Cobre** | 1,00 | 1,00 | 9,79 | 5,86 | 8,79 | 4,86 | 5,87 | 1,93 | 4,87 | 0,93 | 44,55 | 1,55 | 26,41 |
| **Zinc** | 0,5 | 3,00 | 156,00 | 103,50 | 51,00 | 33,50 | 76,00 | 43,00 | 24,33 | 13,33 | 786,93 | 20,09 | 588,34 |
| **Plomo** | **0,1** | **0,60** | **0,61** | **0,50** | 0,02 | - | **0,22** | **0,17** | - | - | 3,80 | 0,06 | 2,33 |
| **Cadmio** | 0,005 | 0,30 | 3,37 | 2,13 | 10,23 | 6,10 | 1,57 | 0,84 | 4,23 | 1,80 | 16,19 | 0,42 | 11,49 |
| **Arsénico** | **0,05** | **1,00** | **0,03** | **0,03** | - | - | **0,03** | **0,03** | - | - | 0,23 | 0,08 | 0,41 |
| **Hierro** | 1,00 | 1,00 | 665,50 | 403,00 | 664,50 | 402,00 | 521,00 | 61,50 | 520,00 | 60,50 | 3.064,09 | 137,74 | 841,46 |
| **Antimonio** | **0,01** | **1,00** | **0,27** | **0,18** | - | - | **0,27** | **0,18** | - | - | 1,37 | 0,07 | 2,46 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | **172.204,87** | **1.160,58** | **42.003,98** |

Fuente: Elaboración propia.

HEIN 04 : Huanuni Entrada Ingenio
HP 03 : Huanuni Puente Central del Pueblo
HPVR 06 : Huanuni Playa Verde
HSSR 07 : Huanuni Sora Sora

Qref HPVR-06 = 264,38 [$m^3$/día]
Qref HP 03 = 7.603,2 [$m^3$/día]
Qref HSSR-07 = 13.682,3 [$m^3$/día]

En el proceso de relave, el grado de producción de DAR aumenta a medida que las colas son más finas y se incrementa la pirita en el contenido; la liberación del DAR continua reduciéndose gradualmente a medida que disminuye este contenido.

Finalmente tomamos muestras en la confluencia de los ríos Huanuni y Sora Sora, donde las aguas se unen para formar el río San Juan de Sora Sora, que llega hasta el Lago Poopó. En este punto el pH es igualmente de 6,75, lo que puede deberse a la dilución que existe al mezclarse las aguas con las de Venta y Media, que no son afectadas por contaminación minera. Por este mismo efecto, las concentraciones de los elementos bajan pero igualmente permanecen fuera de los límites permisibles.

El análisis realizado en el puente del pueblo, donde se considera que se da la mayor cantidad de carga que proviene tanto de la mina como del ingenio, y la carga en Sora Sora muestra la existencia de una diferencia entre cargas de aproximadamente 130 ton/día. Esto se debe principalmente a procesos de erosión y/o sedimentación, además de la dilución que existe por unirse las aguas con las de Venta y Media. Esta variación se presenta con mayor énfasis en los sólidos suspendidos y sedimentables, que alcanzan aproximadamente a 132,5 ton/día. La variación en la concentración de sulfatos es leve (5,4 ton/día), debido al constante incremento de reactivos y la remoción de los sulfuros.

La descarga real de materiales en el río Huanuni depende del grado de saturación del agua, de la periodicidad y del re-tratamiento y movimiento de las colas. La rápida caída del pH, por otro lado, indica la presencia de metal sulfuroso disuelto en agua. El comparativamente elevado contenido de hierro en disolución y los niveles de pH indican que la disminución del pH es causada principalmente por hidrólisis de $Fe^{2+}$. La recuperación comparativamente lenta del pH indica reacciones que implican carbonos y silicatos del tipo mica, y la presencia de otras sales.

Los porcentajes de los elementos en los lodos o sedimentos, con base en muestras tomadas en los mismos puntos, concuerdan con los obtenidos en las muestras de agua, y permiten apreciar la cantidad de sólidos en suspensión que se han sedimentado por la acción de la gravedad. Los resultados se pueden apreciar en el Cuadro 28.

En el puente central del pueblo el porcentaje de sólidos es más alto y se constituye en el depósito de los residuos del ingenio, estimándose que la turbulencia del río es mayor debido a la actividad permanente de las cooperativas. A medida que el agua va bajando, la contribución de otros efluentes influye en la concentración de los elementos debido a la dilución que provocan.

## Cuadro 28
## Lodos en la subcuenca Huanuni

| % | HPL-01 | HPVL-02 | HSSL-03 |
|---|---|---|---|
| Cobre | 0,09 | 0,05 | 0,08 |
| Zinc | 0,15 | 0,07 | 0,13 |
| Plomo | 0,03 | 0,01 | 0,03 |
| Cadmio | 0,16 | 0,04 | 0,12 |
| Arsénico (ppm) | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Hierro | 6,26 | 4,10 | 6,82 |
| Antimonio | 0,014 | 0,014 | 0,011 |

Fuente: Elaboración propia
HPL-01: Huanuni Puente
HPVL-02: Huanuni Playa Verde
HSSL-03: Huanuni Confluencia Sora Sora

La presencia de hierro se incrementa en la parte de Sora Sora, por la posible precipitación del hidróxido de hierro. Los minerales contienen pirita, por tanto el ión hierro aumenta su concentración. Los valores de arsénico son menores a 0,03 p.p.m. en todos los puntos. Los porcentajes de los sólidos en el punto HPVL-02 son menores en comparación con los anteriores, debido a que la muestra se tomó de una de las bifurcaciones del río.

Después de la concentración gravimétrica o el denominado "deslame", que expulsa la mayor cantidad de sólidos suspendidos, las cooperativas mineras proceden a una flotación rudimentaria llamado "quemado" que a continuación se especifica.

### 2.4. El "quemado"

El proceso de concentración manual conocido como quemado implica la adición de xantato, kerosén, y ácido sulfúrico para efectuar la flotación rudimentaria de las piritas que acompañan al mineral valioso. La tarea requiere bastante agua, recurso escaso en ese sector. Para su provisión, algunas cuadrillas recurren a la excavación de pozos hasta llegar al nivel freático, de donde bombean agua subterránea. Primeramente, utilizan el agua para la concentración gravimétrica de la carga de interior mina y los residuos de agua acumulados en pequeños diques o lagunas, los mismos que contienen altas concentraciones de elementos metálicos.

Existe un deterioro general de la calidad del agua en el punto de salida, como resultado del proceso de "quemado", que fue descrito anteriormente. El pH aumenta ligeramente de 3,5 a 3,6, estimándose que el material de relave preparado para el quemado final contiene un pH mayor a 3,5; por otro lado, el pH no fue medido en el lugar de muestreo, por tanto, puede variar en el momento de transporte de las muestras hasta el laboratorio. Sin embargo, ambas aguas son ácidas y se encuentran fuera de los límites permisibles que son de 6 a 9.

Los sulfatos se encuentran fuera de los límites permisibles (400 mg/l) en aproximadamente 4 a 5 veces. Los cloruros no son contaminantes, pero confirman la elevada conductividad.

El agua de la laguna de retención tiene pocos sólidos suspendidos, pero éstos se incrementan a la salida del proceso de lavado debido al proceso de separación por flotación que se realiza con el estaño y sus impurezas. A la entrada tiene 168 mg/l de sólidos en suspensión y a la salida 1.411 mg/l, es decir, se incrementa en 1,24 g/l, lo que representa 20 veces más.

El contenido de hierro como material oxidado por el agua es elevado, al igual que a la salida de la operación de quemado: ambas muestras se encuentran hasta 500 veces más con relación al límite permisible, lo que se refleja en el bajo pH de estas aguas. El cuadro 29 ilustra lo afirmado; se lo ha realizado usando como punto de comparación la norma ambiental especificada en la reglamentación de la Ley 1333.

La concentración de zinc es elevada, alcanza a 149 mg/l, que significa 50 veces más que el límite de 3 mg/l, manteniéndose la misma concentración en el agua después del proceso.

Los niveles de plomo, arsénico y antimonio se encuentran dentro de los límites permisibles; los dos últimos mantienen su concentración, en cambio la concentración del antimonio aumenta. El análisis nos ha permitido comprobar que el zinc, el plomo y el arsénico, tanto a la entrada como a la salida, tienen similar concentración, pero los sólidos suspendidos totales, sulfatos, zinc y hierro, se encuentran en mayor proporción. El Cuadro 30 nos muestra las cargas estimadas de contaminantes en la operación efectuada.

## Cuadro 29
## Comparación del proceso de "quemado" con los límites permisibles para descargas líquidas [en mg/l.]

| Parámetros | Clase C y D | Norma | HBI-01 | HBF-02 | Nº de veces según Norma HBF-02 |
|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6-9 | 6-9. | 3,50 | 3,60 | - |
| Sol. Susp. totales | - | 60,00 | 168,00 | 1.411,00 | 22,52 |
| Sulfatos | 400,00 | - | 2.099,90 | 2.144,40 | 4,36 |
| Cloruros | 500 | - | 82,47 | 92,78 | - |
| Conduct. eléctrica | - | - | 2.770,00 | 2.820,00 | - |
| Cobre | 1,00 | 1,00 | 6,62 | 5,15 | 4,15 |
| Zinc | 0,5 | 3,00 | 149,00 | 149,00 | 48,67 |
| **Plomo** | **0,1** | **0,60** | **0,50** | **0,50** | **-** |
| Cadmio | 0,005 | 0,30 | 2,32 | 2,28 | 6,60 |
| **Arsénico** | **0,05** | **1,00** | **0,03** | **0,03** | **-** |
| Hierro | 1,00 | 1,00 | 513,00 | 499,50 | 498,5 |
| **Antimonio** | **0,01** | **1,00** | **0,18** | **0,27** | **-** |

Fuente: Elaboración propia
HBI: Huanuni Buddle Inicio, estanque de agua para concentración
HBF: Huanuni Buddle salida, después del "quemado" del mineral

## Cuadro 30
## Cálculo de las cargas estimadas de contaminantes

| Parámetros | Volumen agua m³ | Entrada | | Salida | | Carga de la operación (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Análisis | Carga | Análisis | Carga | |
| Sol. Susp. totales | 8,3 l/min | 168,00 | 0,67 | 1.411,00 | 5,62 | 4,947 |
| Sulfatos | | 2.099,90 | 8,36 | 2.144,00 | 8,53 | 0,176 |
| Hierro | 8 h | 513,00 | 2,04 | 499,50 | 1,99 | -0,054 |
| Cobre | | 6,62 | 0,03 | 5,15 | 0,02 | -0,006 |
| Zinc | | 149,00 | 0,59 | 149,00 | 0,59 | 0,000 |
| Cadmio | | 2,32 | 0,01 | 2,28 | 0,01 | -0,040 |
| **TOTAL** | **3,98** | | **11,70** | | **16,76** | **5,06** |

Fuente: Elaboración propia

El hierro, el cobre y el cadmio presentan diferencias poco significativas que se reflejan en los signos negativos en las cargas de estos elementos. Por otro lado, el hierro es más soluble en un medio más ácido, al igual que el sulfato de cobre.

Se puede advertir que el contenido de las cargas de operación es mínimo, pero tomando en cuenta que se producen más de un centenar de operaciones al mismo tiempo, la carga final es considerable. De todas formas, la mayor cantidad está representada por los sólidos suspendidos y los sulfatos que van afectando el pH.

## 2.5. Grado de contaminación

La situación ambiental en Huanuni es delicada, como se ha visto por la descripción anterior, y por las conclusiones a las que llega el trabajo del PPO.

El río Huanuni está contaminado por las operaciones de explotación de la minería y los desechos de Villa Huanuni. Adicionalmente estos dos sistemas fluviales están afectados por actividades de las cooperativas y la Empresa Allied Deals Minera Huanuni S.A. No obstante, la cuenca del río Venta y Media no tiene fuentes contaminantes. La mayor diversidad de fauna con 14 taxas (clases) diferentes se encuentra en el río Huanuni, aguas arriba de la mina, sector no afectado por la contaminación minera, de ingenios u otras actividades humanas. Aunque la fauna béntica en el río Venta y Media es menos diversa que en el río Huanuni, las especies sensibles son abundantes y la comunidad está equilibrada. No se encontró fauna béntica aguas abajo de las minas en los ríos Santa Fe y Huanuni. Las descargas provenientes de la minería y otras actividades de procesamiento de mineral exterminaron la fauna béntica en todos los sectores afectados de los ríos, al parecer sin excepción (PPO, 1996).

Como ya hemos afirmado anteriormente, el problema de la contaminación ambiental en la zona tiene origen tanto en el trabajo de las cooperativas como de la Empresa Allied Deals Huanuni S.A. Y si bien es esta empresa la que genera mayores cargas de contaminantes, la responsabilidad de las cooperativas no es menor, porque proporcionalmente (es decir, con relación a la escala de producción de estas unidades) su actividad contaminante es intensa. La situación es provocada por el uso de reactivos poco controlables, el bajo nivel de eficiencia y el uso de agua en el proceso de concentración. La fase crítica de contaminación, sin embargo, se produce en el proceso denominado "quemado", por la adición de reactivos químicos que supone.

El agua que resulta de las actividades mineras de las cooperativas en este sector se caracteriza por su alto grado de mineralización, con contenidos de sulfatos y sólidos en suspensión. Por tanto, no puede ser utilizado para riego, ganadería u otra actividad que tenga relación con la salud humana, ya sea directa o indirectamente.

## 3. Subcuenca Santa Fe

La subcuenca Santa Fe se encuentra conformada por los distritos mineros de Japo, Morococala y Santa Fe. Las minas que se encuentran en Santa Fe fueron explotadas en el pasado por la empresa "Patiño Mines" y posteriormente por COMIBOL. En la actualidad, en el centro minero Santa Fe se explotan minerales complejos de plomo, plata, zinc y estaño por la cooperativa del mismo nombre. En cambio, las minas de Japo y Morococala son explotadas para la extracción de estaño por las cooperativas El Porvenir y Morococala.

El principal componente del drenaje es el río Santa Fe, que comienza en Morococala y es el afluente más importante; el río Japo (también llamado Santa Teresa o Cana Mayu), originado en Japo, fluye representativamente en la estación de lluvias.

La subcuenca es predominantemente montañosa; el río corre por una cañada profundamente erosionada, muy estrecha (a veces sólo unos metros de ancho), levemente sinuosa desde su nacimiento hasta la estancia Aco Aco. En este sector el lecho del río tiene una mínima cantidad de sedimentos aluviales gruesos.

### 3.1. Residuos minerales

Los residuos minerales que generan las minas Japo, Santa Fe, Morococala y otras pequeñas, son las mismas que señalamos en el caso de Huanuni. Como en los otros distritos, la minería practicada en épocas pasadas dejó grandes cantidades de residuos en depósitos y montones. Las colas son reprocesadas, en algunos lugares, por cooperativas mineras en pequeña escala.

### 3.2. Situación ambiental

La acidez del agua de mina resulta ser muy elevada, con un pH inferior a 3 y una conductividad eléctrica alta. El flujo de agua es comparativamente escaso y de corta duración. La mina Japo está ubicada arriba, en el área de captación, cerca de la divisoria de aguas. En esta zona, al margen de las descargas del ingenio, existen como en Huanuni procesos de relave para rescatar el estaño.

La cooperativa Santa Fe realiza trabajos de interior mina, con producción de "guía mina." Morococala cuenta con ingenio para el tratamiento de menas oxidadas por concentración gravimétrica. Por lo tanto, sólo las cooperativas de Japo y Morococala generan aguas residuales de sus respectivos ingenios dejando el agua de este río contaminada con sólidos suspendidos y pH ácido.

La actividad minera, pródiga en generar recursos económicos, va anulando también otras actividades como la agrícola, y elimina la escasa flora y fauna, lo que provoca que existan asentamientos humanos muy reducidos en estos sectores. En el río Santa Fe no existe fauna béntica.

En la cooperativa Santa Fe se trabaja en interior mina explotando minerales complejos (plomo, plata y zinc) del tipo "guía mina", que no requieren de ningún proceso de concentración, sólo trituración primaria para la directa comercialización; por lo tanto, no precisa de efluentes de agua. En el caso de Morococala Ltda., el material extraído en interior mina es sacado a la superficie para luego ser tratado en el ingenio, donde, por tratarse de un yacimiento con mineral oxidado, se realiza la concentración gravimétrica del mineral. Para alimentar a las mesas concentradoras de estaño, el ingenio utiliza agua proveniente de lluvias y deshielos que se reúnen en un dique. Después esta agua es evacuada a un tanque pequeño de sedimentación de lamas, para pasar a otro de mayor volumen y finalmente volcarse al curso del río.

Después de realizado el análisis correspondiente, se pudo observar que el agua de entrada al ingenio puede considerarse clase "A" (es decir, que puede considerarse como agua potable después de una desinfección bacteriológica.) Sin embargo, la concentración gravimétrica que se realiza en el ingenio va incrementando la concentración de los elementos nocivos, lo que provoca una baja en el pH. Apreciemos el cuadro 31, donde contrastamos precisamente ambas situaciones usando como parámetro la norma.

Vemos pues que el pH del agua del estanque es originalmente de 6,75, para disminuir luego del proceso a 4,45, convirtiéndose por lo tanto en agua ácida debido al tratamiento de materiales oxidados que incrementan la presencia de sulfatos y hierro.

Particularmente significativo es el incremento de hierro, hasta alcanzar una concentración de 38 mg/l, es decir, sobrepasando el límite permisible para descargas líquidas en 37 veces. Pero también existe un incremento generalizado de los sólidos suspendidos debido a la concentración gravimétrica que realizan las mesas concentradoras, aunque los niveles de cobre, plomo, cadmio, manganeso, arsénico y

## Cuadro 31
## Valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores [mg/l.] Morococala

| Parámetros | Clase "a" | Norma | MIE-01 | MIS-02 | Nº de veces s/norma MIS-02 |
|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6-9 | 6-9. | **6,75** | 4,45 | - |
| Sol. Susp. totales | - | 60,00 | **29,00** | 17.148 | 284,80 |
| Sulfatos | 300,00 | - | **43,63** | **135,82** | - |
| Cloruros | 250 | - | **6,87** | **65,30** | - |
| Conduct. eléctrica | - | - | **98,9** | 252,00 | - |
| Cobre | 0,05 | 1,00 | 0,10 | **0,30** | - |
| Zinc | 0,2 | 3,00 | 0,32 | 6,00 | 1,00 |
| **Plomo** | **0,05** | **0,60** | 0,10 | **0,25** | - |
| Cadmio | 0,005 | 0,30 | 0,05 | **0,1** | - |
| **Arsénico** | **0,05** | **1,00** | **0,03** | **0,03** | - |
| Hierro | 0,3 | 1,00 | 0,40 | 38,00 | 37,00 |
| Manganeso | 0,5 | 1,00 | **0,01** | **0,4** | - |
| **Antimonio** | **0,01** | **1,00** | **0,01** | **0,01** | - |

Fuente: Elaboración propia
MIE-01: Morococala Ingenio Entrada. Estanque de agua de lluvia.
MIS-02: Morococala Ingenio Salida.
* Los signos negativos representan que los elementos se encuentran dentro de los límites permisibles.

antimonio se encuentran dentro los límites. Las bajas concentraciones de los elementos inorgánicos presentes en la zona indican que la contaminación del agua del río en este sector no es significativa.

En cuanto a las cargas acarreadas al río en esta subcuenca, se ha tomado como base un caudal de agua similar tanto en la entrada como en la salida, porque se considera que no existen grandes pérdidas en el proceso de concentración; estos caudales sólo son de referencia. El Cuadro 32 presenta un resumen de los cálculos efectuados.

El aporte de la carga del ingenio es de aproximadamente 14,67 toneladas por día en una jornada normal de trabajo. De esta cantidad, 14,55 ton son de sólidos totales; el resto, 0,12 ton, corresponde a los demás elementos, siendo los más significativos el hierro y el sulfato.

## Cuadro 32
## Balance estimado de carga de ingenio [kg/día]

| Parámetros | Caudal de agua ($m^3$/día) | Entrada [kg/día] | | Salida [kg/día] | | Carga de ingenio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Análisis | Carga | Análisis | Carga | |
| Sol. Susp. Totales | 850,00 | 29,00 | 24,65 | 17.148,00 | 14.575,80 | 14.551,15 |
| Sulfatos | | 43,63 | 37,09 | 135,82 | 115,45 | 78,36 |
| Hierro | | 0,40 | 0,34 | 38,00 | 32,30 | 31,96 |
| Cobre | | 0,10 | 0,09 | 0,30 | 0,26 | 0,17 |
| Zinc | | 0,32 | 0,27 | 6,00 | 5,10 | 4,83 |
| Cadmio | | 0,05 | 0,04 | 0,10 | 0,09 | 0,05 |
| Manganeso | | 0,10 | 0,09 | 0,40 | 0,34 | 0,25 |
| Plomo | | 0,10 | 0,09 | 0,25 | 0,21 | 0,12 |
| Arsénico | | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| Antimonio | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| **TOTAL** | **850,00** | | **62,7** | | **14.730,0** | **14.667,0** |

Fuente: Elaboración propia

El agua en el punto inicial tiene baja carga salina, característica del agua pluvial y de deshielos, y tampoco contiene contaminación ni natural ni antropogénica. Pero, en el proceso sufrido en el ingenio, se incrementan los contenidos de hierro, zinc y otros, como consecuencia de la oxidación de los sulfuros, afectando al pH.

Por su parte, la cooperativa El Porvenir cuenta también con un ingenio de concentración gravimétrica. Para efectuar la concentración aquí se recurre al agua existente en la mina, la cual es transportada a través de canales hasta un estanque. Esta agua es suministrada al ingenio y a algunos relaveros, y luego es evacuada al río sin tratamiento previo. El cooperativista las trata rústicamente a orillas del río, utilizando *buddles* de concentración, para luego realizar la flotación con xantatos, diesel o aceite sucio y agua de mina (ver Cuadro 33).

El pH fluctúa entre 2,85 y 3, es decir, que el agua es fuertemente ácida, pigmentada con coloración naranja y elevada cantidad de iones. Los sólidos suspendidos se incrementan a causa del proceso del ingenio pasando el límite permisible hasta 296 y 16 veces a la salida del ingenio y del *buddle* de concentración. Los sulfatos se presentan aproximadamente en 1.555 mg/l en las tres muestras, ya que en este proceso no existe generación de sulfato, debido a la oxidación de las menas objeto del tratamiento.

## Cuadro 33
## Comparación de los puntos de muestreo con los límites permisibles para descargas líquidas [mg/l] (cooperativa El Porvenir de Japo)

| Parámetros | N. C y D | NORMA | JIS-03 | JBS-04 | JIE-05 | % JIS-03 | % JBS-04 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6-8,5 | 6-9 | 3 | 2,9 | 2,85 | - | - |
| Sol. Susp. Totales | 100,00 | 60,00 | 17.822 | 1.028 | 172 | 296,03 | 16,13 |
| Sulfatos | 400,00 | - | 1.549,2 | 1.565 | 1.555 | 2,87 | 2,91 |
| Cloruros | - | - | 99,65 | 72,16 | 137,46 | - | - |
| Conduct. eléctrica | - | - | 2.060 | 2.040 | 2.110 | - | - |
| Cobre | 1,00 | 1,00 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 7,10 | 7,10 |
| Zinc | 0,2-0,5 | 3,00 | 42,4 | 42,2 | 44 | 13,13 | 13,07 |
| **Plomo** | **0,05-0,1** | **0,60** | **0,3** | **0,15** | **0,15** | - | - |
| Cadmio | 0,005 | 0,30 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 26,00 | 26,00 |
| **Arsénico** | **0,05** | **1,00** | **0,2** | **0,2** | **0,2** | - | - |
| Hierro | 1,00 | 1,00 | 420 | 400 | 400 | 419,00 | 399,00 |
| Manganeso | 1,00 | 1,00 | 2,5 | 1,9 | 1,8 | 1,50 | 0,90 |
| **Antimonio** | **0,01** | **1,00** | **0,4** | **0,5** | **0,2** | - | - |

Fuente: Elaboración propia
JIS-03 Japo Ingenio Salida
JBS-04 Japo Buddle Salida
JIE-05 Japo Ingenio Entrada

El cobre y el cadmio, a la entrada y salida, tienen valores iguales a 8,1 mg/l, el contenido de zinc es elevado, 44 mg/l, sobrepasando 13 veces el límite. En cambio, el plomo, el arsénico y el antimonio se encuentran dentro de éste, aunque el antimonio se incrementa a la salida del *buddle*. Los sólidos suspendidos totales presentan variación significativa. Los demás elementos se mantienen uniformes, aún después del uso de las aguas, debido a la concentración gravimétrica que se realiza.

Como en los anteriores casos, ilustramos por medio de un cuadro la estimación de cargas en esta subcuenca (ver Cuadro 34).

## Cuadro 34
## Balance estimado de carga del ingenio El Porvenir [kg/día]

| Parámetros | Caudal de agua ($m^3$/día) | Entrada [k/día] | | Salida [kg/día] | | Carga de ingenio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Análisis | Carga | Análisis | Carga | |
| Sol. Susp. Totales | 1.060,00 | 172,00 | 182,32 | 17.822 | 18.891,32 | 18.709,00 |
| Sulfatos | | 1.555,00 | 1.648,30 | 1.549,2 | 1.642,15 | -6,15 |
| Hierro | | 400,00 | 424,00 | 420 | 445,20 | 21,20 |
| Cobre | | 8,20 | 8,69 | 8,1 | 8,59 | -0,10 |
| Zinc | | 44,00 | 46,64 | 42,4 | 44,94 | -1,70 |
| Cadmio | | 8,10 | 8,59 | 8,1 | 8,59 | 0,00 |
| Manganeso | | 1,80 | 1,91 | 2,5 | 2,65 | 0,74 |
| Plomo | | 0,15 | 0,16 | 0,3 | 0,32 | 0,16 |
| Arsénico | | 0,20 | 0,21 | 0,2 | 0,21 | 0,00 |
| Antimonio | | 0,20 | 0,21 | 0,4 | 0,42 | 0,21 |
| **TOTAL** | **1.060,00** | | **2.321,0** | | **21.044,4** | **18.723,4** |

Fuente: Elaboración propia

Aproximadamente 21 toneladas de sólidos y metales son depositadas en el río Japo cada día, cuando las condiciones de trabajo son favorables, descargándose las aguas residuales sin ningún tratamiento previo. Debido al tratamiento gravimétrico que se realiza, el hierro producido es de 21 kg/día, existiendo también disminución del cobre y zinc por las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso.

El sector está inundado por colas que son reprocesadas por las cooperativas en los relaves después del proceso de concentración en el ingenio. El Cuadro 35, referido al análisis de la operación de quemado para la recuperación del estaño, conduce a una mejor comprensión de la situación. Además muestra las cantidades de los elementos analizados.

El incremento de sólidos suspendidos es de 8,63 kilogramos por operación, mientras que la presencia de los demás elementos es insignificante; los sulfatos se incrementan debido al uso de ácido sulfúrico en 10 mg/l. El cobre y zinc disminuyen al igual que en el ingenio.

## Cuadro 35
## Operación de "quemado" de la cooperativa El Porvenir Japo

| Parámetros | Volumen agua ($m^3$) | Entrada kg | | Salida kg | | Carga de la operación kg/op |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Análisis | Carga | Análisis | Carga | |
| Sol. Susp. totales | 21 l/min | 172,00 | 1,73 | 1.028,00 | 10,36 | 8,628 |
| Sulfatos | | 1.555,00 | 15,67 | 1.565,00 | 15,78 | 0,101 |
| Hierro | 8 h | 400,00 | 4,03 | 400,00 | 4,03 | 0,000 |
| Cobre | | 8,20 | 0,08 | 8,10 | 0,08 | -0,001 |
| Zinc | | 44,00 | 0,44 | 42,20 | 0,43 | -0,018 |
| Cadmio | | 8,10 | 0,08 | 8,10 | 0,08 | 0,000 |
| Manganeso | | 1,80 | 0,02 | 1,90 | 0,02 | 0,001 |
| **TOTAL** | **10,08** | | **22,1** | | **30,8** | **8,711** |

Fuente: Elaboración propia

En la cooperativa El Porvenir existe agua de mina con pH entre 2,85 y 3, con alta carga salina, la misma que sufre una baja en su contenido por precipitación hidrolítica y captura de cloruros por plomo y antimonio, lo que da nacimiento a sales insolubles que se precipitan. El agua de salida de los relaves se mantiene con contenidos similares al agua de salida del ingenio.

Debido a la utilización de agua proveniente de lluvias y deshielos, la cooperativa Morococala presenta menor concentración de elementos contaminantes. La contaminación más alta es producida por el agua de mina que se utiliza para el proceso de concentración de mineral, pero se observa un ligero incremento por el uso de la misma en el ingenio, motivo por el cual son consideradas insignificantes.

Después del análisis y comparación de ambas cooperativas se observa que la mayor contaminación la genera la cooperativa El Porvenir de Japo, por el retratamiento que realiza de las colas del ingenio utilizando para ello reactivos químicos en el proceso de flotación rudimentaria. Además, por verter aguas de mina con altos contenidos de iones y alta acidez.

Sin embargo, por el tratamiento de material oxidado, la concentración de hierro en Morococala es más alta. Se tomaron muestras tanto de uno de los tanques de sedimentación de los lodos en la cooperativa Morococala como en la salida del ingenio de El Porvenir-Japo, obteniendo el siguiente resultado:

**Cuadro 36**
**Lodos**
**(ingenios Morococala y El Porvenir)**

| % | MISL-01 | JISL-02 |
|---|---|---|
| Cobre | 0,004 | 0,009 |
| Zinc | 0,028 | 0,018 |
| Plomo | 0,076 | 0,034 |
| Cadmio | 0,0004 | 0,0008 |
| Arsénico | 0,400 | 0,020 |
| Hierro | 4,090 | 10,05 |
| Manganeso | 0,004 | 0,012 |
| Antimonio | 0,020 | 0,020 |

Fuente: Elaboración propia
MISL: Morococala Ingenio Salida
JISL: Japo Ingenio Salida

Como se puede observar, el porcentaje de arsénico en los lodos provenientes del ingenio de Morococala es elevado, al igual que los de plomo y zinc; en cambio, en El Porvenir-Japo es el hierro el que tiene mayor porcentaje. Los demás elementos, en ambos ingenios, presentan porcentajes menores.

## 4. Subcuenca Poopó

La provincia Poopó, que cuenta con una sola cooperativa minera dedicada a la explotación de yacimientos mineralógicos, se encuentra a 54 km al Sudeste de la ciudad de Oruro. Sus recursos mineros fueron explotados en la época colonial, y luego por las compañías mineras de Hochschild y Aramayo. Desde 1952 se hace cargo COMIBOL, alquilando simultáneamente parte de sus yacimientos a la cooperativa minera Poopó, en el sector de oxidación por estaño y en los sectores inferiores por minerales complejos.

Geológicamente se encuentra en el distrito polimetálico Poopó-Candelaria, compuesto de plata, estaño, zinc y plomo; ubicado a lo largo de la falla regional de Poopó, que divide la región en dos unidades geomórficas: al oeste el altiplano y al este la cordillera de los Frailes, que es parte de la cubierta.

Esta zona se encuentra bañada por el río Poopó, cuyos caudales en época de estío alcanzan de 20 a 30 litros por segundo, aumentando considerablemente en época de lluvias.

Estas aguas son utilizadas en el ingenio de la cooperativa y en otros ingenios particulares. El sector también cuenta con aguas termales con temperatura de 70ºC, de propiedades curativas y medicinales, que son utilizadas en un balneario ubicado en la misma población.

### 4.1. Residuos minerales

La mina Poopó, explotada actualmente por cooperativistas, realiza una operación importante, al igual que la planta de concentración. Importantes cantidades de desmontes y colas sulfurosas están depositadas en la planicie atravesada por una carretera nacional, donde se encuentran depósitos en superficie y desmontes, agua de mina con alta carga salina y sólidos finos en suspensión.

### 4.2. Situación ambiental

La descarga de agua de mina en Poopó es a veces ácida o alcalina, demostrando que la oxidación ocurre en forma temporal. Obviamente, existe un potencial de neutralización en la roca, pero no suficiente para cubrir las necesidades cuando la roca está totalmente oxidada, lo que sucede de vez en cuando. El drenaje principal por el río Poopó desemboca en el lago del mismo nombre.

El agua en interior mina se presenta en los niveles inferiores del yacimiento con un caudal promedio de 3,0 l/seg, el cual es bombeado a superficie. Esta agua tiene un pH de 3,25–4,0 y desemboca en el río. El ingenio de la cooperativa descarga cantidades considerables de colas que van contaminando el río, que presenta una coloración ploma.

En la subcuenca del río Poopó, las actividades mineras están concentradas en los tramos bajos del río. Importantes cantidades de aguas termales ingresan al río algunos kilómetros aguas arriba de estas minas. Solamente en las secciones superiores del río Poopó se encontró una comunidad faunística relativamente normal. Aguas más abajo, antes y después de la entrada de las aguas termales, hay pocas especies. Debajo de las actuales labores mineras, la fauna no existe.

La flora del lugar es escasa, y se reduce a la presencia de paja brava, yareta, thola, cebada, plantaciones de papa y otros. La fauna se encuentra constituida principalmente por la presencia de ganado ovino.

El agua que se utiliza en el ingenio de esta zona es de mina, y se la transporta mediante tuberías y canaletas, lo cual no evita su mezcla con el agua del río. El pH en la bocamina es ácido (3,25), pero, debido a la mezcla con el agua salina del río, se neutraliza

(pH 6,5) en el momento de su uso en el ingenio, lo cual se debe también a la presencia en la zona de aguas termales que contienen cloruros en alto porcentaje.

En la flotación de minerales complejos se utilizan cal y otros reactivos para tener condiciones básicas o semibásicas en el proceso de concentración. Por tanto, el agua de salida del ingenio alcanza a un potencial de hidrógeno de 11,4 (ver Cuadro 37).

Los sólidos suspendidos se van incrementando según la utilización del agua. Por ejemplo, si en la bocamina es de 0,141 g/l, a la salida del ingenio alcanza a 28 g/l. Por tanto, el agua turbia a la salida del ingenio presenta una coloración ploma tendente a café, debido a la presencia del zinc.

**Cuadro 37**
**Comparación de los puntos de muestreo con los límites permisibles [mg/l] (cooperativa Poopó)**

| Parámetros | C y D | Norma | PRB-02 | PIE-03 | PIS-04 | % PRB-02 | % PIS-04 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6-8,5 | 6-9 | 3,25 | 6,50 | 11,40 | - | - |
| Sol. Susp. totales | 100,00 | 60,00 | 141,00 | 415,00 | 27.955,00 | 1,35 | 464,92 |
| Sulfatos | 400,00 | - | 4.191,60 | 501,30 | 861,90 | 9,48 | 1,15 |
| Cloruros | - | - | 1.062,00 | 4.261,00 | 4.179,00 | - | - |
| Conduct. eléctrica | - | - | 7.830,00 | 9.530,00 | 7.890,00 | - | - |
| **Cobre** | **1,00** | **1,00** | **0,70** | **0,20** | **0,40** | **-** | **-** |
| Zinc | 0,2-0,5 | 3,00 | 904,00 | 30,20 | 184,00 | 300,33 | 60,33 |
| Plomo | 0,05-0,1 | 0,60 | 1,90 | 0,25 | 39,00 | 2,17 | 64,00 |
| Cadmio | 0,005 | 0,30 | 20,00 | 0,25 | 1,70 | 65,67 | 4,67 |
| **Arsénico** | **0,05** | **1,00** | **0,30** | **0,10** | **0,70** | **-** | **-** |
| Hierro | 1,00 | 1,00 | 880,00 | 34,00 | 139,00 | 87.900,00 | 13.800,00 |
| Manganeso | 1,00 | 1,00 | 7,40 | 1,20 | 3,20 | 640,00 | 220,00 |
| Antimonio | 0,01 | 1,00 | 1,10 | **0,20** | 6,00 | 10,00 | 500,00 |

Fuente: Elaboración propia
PRB-02: Poopó Salida bocamina
PIE-03 : Poopó Ingreso ingenio
PIS-04 : Poopó Salida ingenio

La concentración de sulfatos en la bocamina es elevada, como ocurre en general con el agua de mina, mientras que a la entrada del ingenio disminuye al mezclarse con aguas provenientes del río Poopó. Finalmente, por la mena tratada, se incrementa en doble proporción en relación con su entrada.

El contenido de hierro en la bocamina, al igual que el de los sulfatos, es alto, pero la dilución que existe al mezclarse con el agua del río hace que la concentración disminuya, para luego incrementarse una vez más hasta alcanzar 139 mg/l a la salida del ingenio.

El zinc y el plomo tienen concentraciones altas porque su recuperación no es total. El antimonio se incrementa a la salida del ingenio hasta llegar al valor de 6 mg/l. Los demás elementos aumentan en reducida proporción, siendo la presencia de cobre mínima en comparación a las demás subcuencas.

El parámetro de los sólidos suspendidos representa un 96% de la cantidad total, y el resto corresponde a elementos en disolución que son descargados al río, que los recibe como si fuera su lecho natural. El Cuadro 38 muestra la carga estimada de contaminantes que contribuyen al río.

**Cuadro 38**
**Balance estimado de carga del ingenio Poopó [kg/día]**

| Parámetros | Caudal de agua ($m^3$/día) | Entrada [kg/día] | | Salida [kg/día] | | Carga de ingenio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Análisis | Carga | Análisis | Carga | |
| Sol. Susp. totales | 1.043,7 | 415,00 | 433,14 | 27.955,00 | 29.176,91 | 28.743,77 |
| Sulfatos | | 501,30 | 523,21 | 861,90 | 899,57 | 376,36 |
| Hierro | | 34,00 | 35,49 | 139,00 | 145,08 | 109,59 |
| Cobre | | 0,20 | 0,21 | 0,40 | 0,42 | 0,21 |
| Zinc | | 30,20 | 31,52 | 184,00 | 192,04 | 160,52 |
| Cadmio | | 0,25 | 0,26 | 1,70 | 1,77 | 1,51 |
| Manganeso | | 1,20 | 1,25 | 3,20 | 3,34 | 2,09 |
| Plomo | | 0,25 | 0,26 | 39,00 | 40,70 | 40,44 |
| Arsénico | | 0,10 | 0,10 | 0,70 | 0,73 | 0,63 |
| Antimonio | | 0,20 | 0,21 | 6,00 | 6,26 | 6,05 |
| **TOTAL** | **1.043,7** | | **1.025,6** | | **30.466,8** | **29.441,2** |

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de residuos de ingenio que se desecha es de aproximadamente de 30 ton/día, variando en función del caudal de referencia calculado, siendo 29,44 ton la contribución del ingenio. Del total de 30,47 ton/día, 29,18 corresponden a sólidos totales y el 1,29 a los demás elementos, preponderando entre éstos el hierro, el zinc y el plomo.

El agua de mina es evacuada al nivel principal de extracción mediante bombeo intermitente, por lo que desde la bocamina el agua fluye por un canal abierto hasta un tanque de recolección del ingenio, donde es utilizado como agua de proceso. El agua del tanque que no es utilizada se desborda y desaparece bajo los residuos. El muestreo que realizamos en un flujo natural indica que el agua de mina es ácida (pH 3,25), y contiene altas concentraciones de metales, como se ve a continuación:

**Cuadro 39**
**Cargas eventuales de bocamina [mg/l]**

| Parámetros | PRB-02 | Caudal [m³/día] | Cargas diarias [kg/día] |
|---|---|---|---|
| Sol. Susp. totales | 141,00 | 279,07 | 39,35 |
| Sulfatos | 4.191,60 | | 1.169,75 |
| Hierro | 880,00 | | 245,58 |
| Cobre | 0,70 | | 0,20 |
| Zinc | 904,00 | | 252,28 |
| Cadmio | 20,00 | | 5,58 |
| Manganeso | 7,40 | | 2,07 |
| Plomo | 1,90 | | 0,53 |
| Arsénico | 0,30 | | 0,08 |
| Antimonio | 1,10 | | 0,31 |
| **TOTAL** | | **279,07** | **1.715,73** |

Fuente: Elaboración propia

El agua de mina fuertemente ácida es utilizada en el ingenio en un caudal aproximado de 279 $m^3$/día, y se mezcla con el agua proveniente de otras fuentes. Los contenidos altos de hierro y zinc son característicos del agua de mina en un yacimiento de esta naturaleza. Los sulfatos proceden de la oxidación de aquellos elementos. El contenido mayor de cadmio está en concordancia con las menas de zinc que contiene el yacimiento.

Al río Poopó llega agua rica en cloruros ($NaCl$), probablemente a causa de diapiros presentes en la cuenca y de donde proceden los drenajes salinos. A la salida del ingenio los sulfatos se elevan por oxidación de los sulfuros (piritas) que trata el ingenio y a los aditivos activadores, sulfato de cobre y sulfato de zinc. El aumento de éste, zinc y plomo, confirma el origen del incremento de sulfatos. El pH se incrementa por la adición de cal que se utiliza para la concentración de complejos de zinc-plata y zinc-plomo.

Las muestras de lodos obtenidas presentan un contenido de 2,6% de zinc, lo que indica la baja recuperación con la que está trabajando el ingenio de la cooperativa con relación a este elemento, pese a ser este metal comercializable. El siguiente cuadro corrobora lo mencionado.

**Cuadro 40**
**Muestra de lodos**
**(ingenio Poopó)**

| % | Cu | Zn | Pb | Cd | As | Fe | Mn | Sb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PISL-01 | 0,061 | 2,6 | 0,54 | 0,025 | 0,16 | 38,76 | 0,008 | 0,2 |

Fuente: Elaboración propia

El alto porcentaje de hierro confirma la presencia de éste como elemento y no como material oxidado. El mayor contenido de zinc y plomo se debe a que en este ingenio se concentran complejos de plomo, plata y zinc. La presencia de arsénico y antimonio es de porcentajes apreciables.

El agua de mina es la más contaminada con sulfatos, zinc, hierro y cadmio. Pero la carga del ingenio es significativa por el incremento de todos los elementos, sobre todo de sólidos. Por tanto, esta zona debe considerarse crítica, además de no poderse utilizar el agua del río para actividades de riego o cualquier otro tipo de uso económico, sin un previo tratamiento.

## 5. Evaluación comparativa según elementos

La toxicidad de un metal está en relación a su estado como ión libre y no como un complejo orgánico estable, por lo que, para poner un ejemplo, una solución con una concentración de cobre de 10 mg/l, donde el cobre está en forma compleja en un 99% con ligantes orgánicos, es menos tóxica que una solución con una concentración de cobre de

1 mg/l si el cobre está como ión libre. Por eso nuestra interpretación considera la concentración y valores límites de los elementos estudiados como iones libres.

Hierro (Fe): Las concentraciones de hierro son considerablemente altas en todas las aguas analizadas antes y después de la actividad de las cooperativas, a excepción de Morococala. La presencia de hierro en el agua del río Huanuni disminuye en su recorrido, de acuerdo con una precipitación progresiva posiblemente de hidróxido de hierro.

Manganeso (Mn): Su precipitación no es tan rápida como la del hierro, lo que significa que no todo el manganeso está formado por óxidos, encontrándose una cantidad apreciable en estado de ión libre. La mayor cantidad fue encontrada en la descarga de agua de mina del ingenio de Poopó.

Arsénico (As): El estándar de arsénico aceptable es de 1 mg/l para descargas de agua residual. Las muestras de agua estudiadas están por debajo de 0,03 mg/l, con excepción de la subcuenca de Poopó, donde el valor es de 0,2 mg/l, límite aceptable. En Morococala el porcentaje de arsénico es el más alto de toda la zona de estudio.

Cadmio (Cd): La mayor cantidad de este elemento se encontró en el agua de mina de Poopó (20 mg/l) y en Japo (8,1 mg/l), lugares donde se encuentra fuera de los límites permisibles.

Zinc (Zn): La subcuenca de Poopó presenta la mayor concentración de iones de zinc, por ser una zona donde se explotan complejos, especialmente en la bocamina. La subcuenca de Huanuni también presenta contenidos altos por la naturaleza de la zona.

Cobre (Cu): Presenta valores bajos de concentración, pero que de todas maneras sobrepasan levemente los límites permisibles. En la subcuenca de Poopó se encontró un valor de concentración comparativamente menor.

Antimonio (Sb): El agua de mina, a la salida del ingenio de Poopó, presenta la mayor concentración, sobrepasando el límite permisible hasta seis veces. Por la comparación entre los lodos provenientes de las subcuencas de Santa Fe y Poopó, se observa que los sedimentos del ingenio de este último sector tienen los más altos porcentajes de metales, a excepción del cobre.

## 6. Determinación de riesgos ambientales

Tomando en cuenta los datos obtenidos en las áreas estudiadas y las muestras puntuales correspondientes, realizamos una clasificación de riesgos ambientales (ver Cuadro 41) con base en los siguientes criterios de evaluación:

**Cuadro 41**
**Clasificación de riesgos ambientales**

| Detalle Contaminantes | Huanuni | Poopó | Morococala | Japo |
|---|---|---|---|---|
| PH | A | B | A | C |
| Sol. Susp. totales | C | C | A | C |
| Sulfatos | B | A | - | B |
| Cobre | B | - | - | C |
| Zinc | C | C | A | C |
| Plomo | - | C | - | - |
| Cadmio | C | B | - | C |
| Arsénico | - | - | - | - |
| Hierro | C | C | C | C |
| Manganeso | - | B | - | A |
| Antimonio | - | C | - | - |

Fuente: Elaboración propia

CLASE A: Nivel de contaminación detectado que no sobrepasa en 100% la norma. Esta categoría corresponde a riesgo ambiental inminente.

CLASE B: Valores contaminantes detectados cuyo tenor sea igual o mayor al doble del establecido por la norma. Esta categoría supone riesgos ambientales severos.

CLASE C: Valores contaminantes detectados cuyo tenor sea igual o mayor a cinco veces a lo establecido por la norma. Presenta graves y críticos riesgos ambientales.

Los resultados son los siguientes:

- El mayor riesgo ambiental presentado en las zonas de análisis corresponde a la subcuenca del río Poopó, debido a que el trabajo que cumplen las cooperativas se realiza mayormente en interior mina y también por la actividad con concentración de complejos que se lleva cabo en el ingenio. A esto se deben agregar cinco situaciones críticas (Clase C) consistentes en la presencia de sólidos suspendidos totales, zinc, plomo, hierro y antimonio; tres elementos de contaminación severa (Clase B) (pH, cadmio y manganeso), y un elemento de riesgo inminente (Clase A): los sulfatos.

- Las aguas provenientes de la mina e ingenio de El Porvenir-Japo incorporan seis elementos críticos: pH, sólidos suspendidos, cobre, zinc, cadmio y hierro; un elemento de severa contaminación: sulfatos; y un elemento de riesgo inminente: el manganeso.
- En el tercer lugar en cuanto a la gravedad de la contaminación está la subcuenca de Huanuni, con tres elementos sólidos suspendidos que aportan contaminación crítica: zinc, cadmio y hierro, y tres elementos de severa contaminación: sulfatos, cobre y el pH.
- Finalmente, tenemos a Morococala, con un elemento en situación crítica: el hierro; y tres elementos de riesgo inminente: pH, sólidos suspendidos y zinc.

La presente evaluación de riesgos ambientales se ha efectuado usando como base los resultados de análisis de laboratorio y tomando como parámetro comparativo la norma. No se han tomado en cuenta los volúmenes de residuos que desechan las cooperativas.

El drenaje de ácido de roca, DAR, se produce como consecuencia del tratamiento de minerales en rocas sulfurosas expuestas al aire y al agua, que se constituyen posteriormente en concentraciones elevadas de metales y sulfatos en los efluentes. Las colas de ingenio, depositadas en diques o descargadas en ríos, se mezclan con sedimentos aluviales, los desmontes de roca desechados de las actividades mineras, lo que conlleva al daño ambiental manifestado en la reducción y eliminación completa de la flora y fauna acuática. La contaminación de las aguas subterráneas y del agua potable así como la de los suelos por el flujo de sulfatos y metales transportados por agua tanto superficial como subterránea es, pues, mortífera para el medio ambiente.

La medida final de la intensidad y magnitud de la generación del DAR en una subcuenca que abarca uno o más distritos mineros es el flujo de sulfatos y metales, transportados por agua superficial y subterránea. El cuadro que sigue muestra el flujo anual de contaminantes (contabilizados en toneladas por año) en los tres ríos principales de las áreas mineras. Cabe aclarar que el cloruro no es un contaminante de las actividades mineras, pero sí refleja los aportes generados de las aguas termales (Cuadro 42).

La carga anual total del sulfato transportada desde los distritos mineros supera las 40.000 ton/año. Se considera que un 40% de esa cantidad representa el transporte natural de fondo. La carga correspondiente a los metales pesados estudiados en el PPO es de

**Cuadro 42**
**Flujo anual de contaminantes**
**(ton/año)**

| Elementos | Huanuni | Santa Fe | Poopó |
|---|---|---|---|
| Sulfato | 20.000 | 20.000 | 900 |
| Cloruro | 1.000 | 590 | 12.000 |
| Zinc | 530 | 1.300 | 2 |
| Cadmio | 12 | 12 | 0,15 |
| Cobre | 44 | 13 | 1,80 |
| Plomo | 2 | 0,3 | 0,06 |
| Arsénico | 0,2 | 0,8 | 0,10 |
| Antimonio | 5 | 2 | 0,01 |

Fuente: Elaboración propia en base a PPO

casi 2.000 ton, de las cuales la contribución antropogénica puede llegar al 99% (cadmio, zinc y cobre). El único suplemento natural de importancia a la carga total está dado por el arsénico y antimonio. Considerando su importancia potencial para el futuro del medio ambiente, el zinc y el cadmio deben ser objeto de especial atención. No obstante, el cobre podría también jugar un rol importante en la subcuenca Huanuni.

La proporción de las cantidades transportadas de sulfato, cadmio y plomo son casi las mismas en los ríos Santa Fe y Huanuni. El río Santa Fe transporta relativamente más zinc que el río Huanuni. De los tres ríos, el Poopó descarga la menor cantidad de DAR. La carga de sulfato de este río es menor al 2% del total. La carga relativa de cobre y plomo es casi la misma que las demás, pero la de cadmio y especialmente la de zinc son relativamente pequeñas, menos del 0,1% del total.

El río Poopó es el portador más significativo de cloruros (de origen natural.) De hecho, la concentración de este elemento en el agua del río es 12 veces mayor que la de sulfatos.

Según el Proyecto Piloto Oruro, los residuos minerales se clasifican en desmontes de carácter heterogéneo, consistentes en roca de relleno y estéril, siendo la pirita el principal componente de todos los depósitos, colas gruesas de *sink-and-float* y de *jig*, que resultan del proceso de preconcentración; el 40% de su composición está compuesto de mineral sulfuroso, colas gruesas resultantes del reprocesamiento artesanal

(característico de las cooperativas) que son depositadas en pilas pequeñas, conocidas como relaves, en los lechos de los ríos, y cuya composición mineralógica es similar a la anterior. Predominan fracciones de arena, colas finas de flotación y de mesas que contienen 90% de cuarzo, siendo el resto compuesto de varios minerales. Las colas finas representan la descarga de los circuitos de flotación de los ingenios y contienen más del 20%, pudiendo alcanzar el 90%, de minerales sulfurosos. En el río Huanuni hay colas finas resultantes de operaciones artesanales, que son similares a las descritas anteriormente; también hay colas finas mezcladas con sedimentos aluviales que son resultantes de la separación gravimétrica y/o flotación, descargadas en los ríos y sedimentadas en su lecho. Finalmente, también desechos de dragado que contienen cuarzo y varias rocas sedimentadas con escasos sulfuros, formando grandes promontorios de cantos rodados y piedras apiladas en el río, aguas abajo de Playa Verde.

Tipos de colas y su ubicación: En general hay sólo tres tipos de colas: colas de *jig* (grano grueso), las colas de otros procesos gravimétricos (grano fino) y las colas de flotación (grano fino). El Cuadro 43 muestra un resumen del inventario de residuos minerales en las subcuencas.

Las colas depositadas en los lechos de los ríos están mezcladas con sedimentos aluviales naturales cuyos componentes contaminan el agua del río, por lo cual los ríos Huanuni, Santa Fe y Poopó, que desembocan en el Lago Poopó, están expuestos a descargas del DAR. El valor de pH de los tributarios no afectados está normalmente sobre 8, pero pese al potencial de neutralización de las aguas alcalinas, el pH alcanza un nivel ligeramente superior a 3, que se mantiene aguas abajo hasta que la corriente alcanza la planicie (Cuadro 43).

## 6.1. Suelos y tierra arable

El área de estudio se caracteriza por la aridez y alta salinidad de su suelo, lo que permite la presencia sólo de pastos bajos; es escasa la vegetación que, ya ambientada entre la cortina de vientos y frío, ha poblado esta región, soportando el juego de los vaivenes de la sequía y las lluvias, que no permiten desarrollar una agricultura mayor, a lo que se suma la radiación ultravioleta y la temperatura bajo cero durante la noche. La flora existente de la pampa y los cerros circundantes está dominada por arbustos y pasto. La elevada evaporación y la poca lluvia crean una alta salinidad en el suelo, una situación que favorece a las especies tolerantes a la sal.

## Cuadro 43
## Resumen del inventario de residuos minerales
## (área de investigación para el año 1996)

| Tipo de residuo | Área cubierta con residuos (ha) | Toneladas | Principales receptores del impacto |
|---|---|---|---|
| **Subcuenca río Santa Fe** | | | |
| Colas | 3 | 757.000 | Río Santa Fe |
| Desmontes | 19 | 2.558.000 | Río Sora Sora, |
| Colas de lechos de ríos | 150 | 3.000 | Lago Poopó |
| **Río Huanuni y subcuenca Sora Sora** | | | |
| Colas | 41 | 3.180.000 | Río Huanuni, |
| Desmontes | 5 | 657.000 | San Juan |
| Colas de lechos de ríos | 2.650 | 48.000 | Río Sora Sora, Lago Poopó |
| **Subcuenca río Poopó** | | | |
| Colas | 56 | 934.000 | Lago Poopó |
| Desmontes | 4 | 401.000 | |

Fuente: Proyecto Piloto Oruro PPO

Las especies dominantes son pastos duros y varias formas de arbustos pequeños, principalmente thola. En síntesis, la flora es muy pobre en toda esta región. A este panorama hay que agregar la presencia de la contaminación con metales, que impide una producción agrícola satisfactoria.

### 6.2. Fauna acuática

Si bien en épocas pasadas se disfrutaba de la compañía de la fauna acuática, los estudios del PPO han extendido prácticamente el certificado de defunción de la misma, debido a la contaminación que han sufrido los ríos por la actividad minera; la inexistencia dramática de animales acuáticos no sólo se da en los ríos, sino también en el lago Poopó.

### 6.3. Contaminación de suelos por metales

Tanto por la degradación causada principalmente por la erosión pluvial y eólica como por la salinización y el alto contenido de metales tóxicos, de origen natural (arsénico y antimonio) y humano, los suelos no son aptos para el uso agrícola. Más del 50% de las muestras de suelos tomadas por el PPO tienen un alto nivel de arsénico sobre el menor valor

umbral de 15mg/kg, lo que trae consigo efectos fitotóxicos. Por otro lado, hay concentraciones producto de actividades humanas con elementos tales como plata, mercurio, plomo, estaño, antimonio, zinc y cadmio.

Para evaluar la absorción y el grado de contaminación por metales en plantas, el PPO estudió varias especies. Entre la vegetación natural, debido a su ubicación, fue seleccionado el grupo de las tholas. Más del 50% de las muestras tienen niveles de cadmio por encima del nivel de 0,2 mg/kg.

Adicionalmente, se tomaron muestras de cultivos importantes, como la quinua, cebada, trigo y papa. Una vez analizadas, constatamos la presencia de mayores concentraciones de antimonio, arsénico, estaño, plomo y cadmio. Por ejemplo, los suelos con más de 0,3 mg/kg de cadmio pueden ser inseguros para el cultivo de quinua y probablemente lo son también para cultivar papa.

## 7. Geoquímica y su importancia en la salud

Por la meteorización física, química y biológica, las rocas se transforman en suelos, con un contenido de nutrientes provenientes de la roca madre, que, al relacionarse con otros nutrientes que se encuentran en el sistema hidrogeológico, da lugar al ciclo de la cadena alimentaria. En efecto, siendo el suelo su depósito natural, los elementos químicos nutrientes se trasladan hacia las plantas; los animales se alimentan de vegetación y, finalmente, el ser humano consume alimentos de origen tanto animal como vegetal. De ahí que sea tan importante para la salud de un organismo mantener un equilibrio entre los nutrientes que requiere y los que ingiere. La inexistencia, deficiencia o exceso de algún nutriente, lo mismo que la presencia de un elemento tóxico, puede originar cambios fisiológicos o morfológicos serios en los seres vivos (ver Cuadro 44).

Existen también algunos elementos esenciales para la vida de los microorganismos, por ejemplo el cobre y el zinc, cuya presencia en un nivel que sobrepasa el nivel de tolerancia, limitante óptimo, puede pasar de ser favorable a tóxico. Lo propio ocurre con los elementos no esenciales cuya concentración en pequeños márgenes tolerables no supone daño.

## 8. Impacto en la salud

Los índices altos de mortalidad no natural que presenta el departamento de Oruro se deben principalmente a las enfermedades respiratorias y gastroenterológicas. Estas

## Cuadro 44
## Clasificación de los elementos esenciales

| Elementos | Función | Señales de deficiencia | Señales de exceso |
|---|---|---|---|
| Manganeso | Metabolismo de muco polisacáridos dismulasa superóxido. | No conocido. | Como caso crónico, afecta al sistema nervioso central (Parkinsonismo). A veces afecta al sistema respiratorio. |
| Hierro | Oxígeno, transporte de electrones. | Anemia, crecimiento retardado. | No conocido. |
| Cobre | Enzimas oxidativas, interacción con hierro. | Anemia, cambio de oxificación; posible colesterol elevado en el suero. | No conocido. |
| Zinc | En enzimas de metabolismo de energía y transcripción y traducción. | Crecimiento retardado, inmadurez sexual, lesiones de piel, inmuno competencia impedida; cambio de agudeza del gusto. | No conocido. |
| Arsénico | No conocido. | No conocido. | La intoxicación aguda por arsénico, irritación de mucosas, daños gastro-intestinales, edema facial, calambres, cáncer pulmonar y de piel. |
| Cadmio | No conocido. | No conocido. | La ingestión prolongada, efectos gastrointestinales, anemia, daño renal y trastornos hepáticos. |
| Plomo | No conocido. | No conocido. | Compuestos inorgáncos de plomo pueden dar problemas cardiovas-culares. |

Fuente: Elaboración en base a Capuma, 1996.

últimas tienen relación con la calidad del agua, a lo que hay que agregar las condiciones insuficientes de higiene. El problema ambiental que hemos descrito tiene, pues, mucha relación con esta problemática de salud pública.

La depredación del medio ambiente tiene como víctimas al ser humano así como a la propia naturaleza. Es cierto que no siempre se pueden establecer con precisión las relaciones específicas y la correspondencia entre causas y efectos para determinar la responsabilidad concreta de tal o cual aspecto, pero lo indudable es el daño que todos estos rasgos anómalos de la actividad minera provocan directa o indirectamente en nuestro hábitat.

Si bien actualmente se presta atención al tema de la salud de las poblaciones lugareñas que conforman las cooperativas mineras, no siempre esta atención es la adecuada, aunque se cuente con hospitales como en el caso de Huanuni, o con un centro de salud y una posta, en Poopó y El Porvenir-Japo, respectivamente.

La exposición de las personas a metales tóxicos por medio de la ingestión de agua, aire o a través del consumo de alimentos, constituye la mayor amenaza originada directamente por las actividades mineras, y la ausencia de investigaciones toxicológicas y estadísticas dificulta cualquier evaluación definitiva sobre el problema. Como se ha visto, la concentración de minerales excede frecuentemente los valores estándar, por lo que se estima que, debido a la intoxicación que causan los metales, probablemente se esté afectando a la salud de la población en general y no sólo a la de los mineros. A esto hay que agregar que estas poblaciones son más vulnerables en razón de la mala nutrición que existe en las áreas rurales, hecho comprobado por los datos estadísticos que han llamado la atención sobre el incremento de la desnutrición en la región. El impacto de la minería en la población asentada en las subcuencas estudiadas radica en la relación simbiótica que existe entre la mina y el campamento minero, porque normalmente éste rodea físicamente a aquélla.

Los trabajadores que cumplen su actividad aguas abajo del poblado son los más vulnerables, puesto que el agua del río que se utiliza para el procesamiento manual está mezclada con aguas servidas y con productos químicos tóxicos, como xantatos, aceite sucio, kerosén, ácido sulfúrico. La acidez del agua probablemente sea la única vacuna que evita la proliferación de enfermedades.

Los cultivos de papa destinados al consumo local contienen, en algunos casos, elevadas cantidades de metales tóxicos. El cadmio es considerado como uno de los metales más peligrosos que se incorpora con facilidad a la cadena alimentaria. El plomo, que también es tóxico, tiene presencia en esta cadena.

El grado de toxicidad es diferente para los diversos grupos de organismos; aumenta, generalmente, en los microorganismos, plantas y animales. Pero el impacto de toxicidad llega a los animales y a los seres humanos por igual, debido a que los metales influyen principalmente en la función de ciertas enzimas, inhibiendo su función y alterando la permeabilidad de la membrana celular, lo que influye en el transporte de sustancias, pudiendo también alterar los genes y provocar cáncer.

Todos los metales tienen la predisposición a acumularse en el organismo por diferentes mecanismos bioquímicos, por lo que su presencia, aunque en pocas cantidades, en el agua, suelo y aire ya reporta un alto riesgo para la biota y en especial para el ser humano, que forma el nivel más alto en la cadena nutritiva.

## 8.1. Efectos de la contaminación

Los estudios realizados en la ciudad de Oruro entre 1980 y 1985 dieron como resultado el alarmante dato de que de cada mil nacidos 9,5 tenían malformaciones congénitas relacionadas con la contaminación minera (Gruenberger, 1999).

De acuerdo a la encuesta aplicada en la presente investigación, el 63,2% de las personas consultadas desconocen la contaminación que provocan con sus actividades mineras, mientras que sólo el 6,8% están informados acerca del tema. Los cooperativistas no realizan ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales y el 99,2% echan esas aguas directamente al río.

Las molestias que se perciben en mayor proporción son las que generan los gases, polvos y aguas residuales, tal vez como efecto de que el aire del medio ambiente adquiere otras características como producto de la actividad minera.

La cooperativa El Porvenir-Japo tiene mayor porcentaje de emanaciones de polvos, gases y agua residual porque trabaja en interior mina y en relaves. En cambio, en las cooperativas de Huanuni hay incidencia especialmente de aguas residuales por el trabajo que se efectúa en los relaves ubicados junto al río, ocurriendo lo mismo con los asentados en la localidad de Machacamarca.

Son los propios cooperativistas, es decir, quienes operan la actividad minera y por tanto provocan la contaminación ambiental, los que sufren las consecuencias que estamos describiendo, que se manifiestan en molestias tales como irritaciones de la piel y garganta, irritaciones en los ojos y dolor en los huesos y cabeza por el trabajo.

Por la naturaleza de su labor, los relaveros terminan a menudo siendo presas del reumatismo. Las afecciones en el sistema nervioso y la pérdida de apetito afectan también en buena medida a los mineros. Un aspecto que hay que considerar a la hora de evaluar los efectos de la contaminación es que las respuestas afirmativas o negativas dependen del conocimiento y la formación que sobre el tema han recibido los trabajadores.

Después de hacer un análisis de la situación ambiental en que se encuentran las cooperativas mineras podemos advertir que existen grandes extensiones cubiertas por pasivos ambientales dejados por anteriores explotaciones, generando contaminación estacional y mal aspecto en la región. Los suelos contienen un nivel alto de arsénico, lo que trae consigo efectos fitotóxicos y tienen también concentración antropogénica con elementos como plata, mercurio, plomo, estaño, zinc y cadmio.

La minería actual genera aguas ácidas y residuos minerales como colas-arenas, colas de procesos gravimétricos y colas de flotación, en el proceso de concentración. Los suelos están en un estado de degradación severa, existen vastas áreas caracterizadas por suelos desnudos expuestos a la erosión del viento y la lluvia, mientras que otras áreas han sufrido una salinización o contaminación con metales, a tal grado que son inútiles para su uso económico. La flora existente en la pampa y los cerros circundantes está diseminada por arbustos y pastos.

Los estudios del P.P.O. nos muestran que no existe fauna acuática debido a la contaminación que han sufrido los ríos por la actividad minera. En el sector de Huanuni, los residuos minerales se presentan como depósitos en superficie en desmontes de colas sulfurosas y aguas ácidas, que contienen cationes pesados, sólidos finos sulfurosos en suspensión y lagunas de aguas ácidas estancadas.

Los residuos minerales que generan las minas El Porvenir-Japo, Santa Fe, Morococala y otras pequeñas, son los mismos de Huanuni, lo que provoca que los ríos Santa Fe, Morococala y Japo sean el lecho donde van a descansar estos materiales arrastrados por aluviones. La acidez del agua de mina resulta ser muy elevada con un pH inferior a 3 y una conductividad eléctrica alta.

En Japo, al margen de descargas del ingenio, tienen lugar procesos de relave como en Huanuni para rescatar el estaño. La cooperativa Santa Fe trabaja en interior mina, por lo que no utiliza agua. Morococala tiene ingenio para el tratamiento de menas oxidadas por concentración gravimétrica.

En Poopó existe una sola cooperativa, las aguas son utilizadas en el ingenio de la cooperativa así como por ingenios particulares pequeños. Este río tiene perturbación salina de acuerdo con las aguas termales que existen en la zona. En general, el grado de contaminación es elevado por la presencia de sólidos en suspensión en aguas, como sulfatos y sobre todo el hierro como ión libre, ocasionando un elevado pH.

# Conclusiones y recomendaciones

## 1. Conclusiones

Después de realizar el estudio sobre la actividad desplegada por las cooperativas y su incidencia en la economía regional y en el medio ambiente, así como la organización, funcionamiento y sistema de producción de las mismas, hemos arribado a las siguientes conclusiones tanto sobre nuestra problemática central, la contaminación ambiental que se advierte en la región y sus diversos efectos, desafíos y problemas que supone la nueva legislación ambiental, como en lo que toca a la problemática productiva general que presentan las cooperativas y que compromete su futuro como medio de subsistencia:

- La contaminación ambiental en el área de estudio se debe principalmente a la presencia de una variedad de metales pesados que inciden sobre el agua, los suelos y el aire, que llega a intervenir en la cadena nutritiva, afectando por tanto a las plantas, animales y al ser humano.
- El principal factor que interviene en la problemática ambiental de la zona es la forma de explotación que se utiliza en el trabajo de las cooperativas mineras. Los impactos de la minería sobre los cursos de agua están constituidos por la contaminación por enturbiamiento, el elevado contenido de sulfatos, el incremento de la concentración, los iones disueltos y la incorporación de reactivos químicos. Sin embargo, hay que insistir en que los residuos vertidos por las cooperativas son moderados en relación con los volúmenes que generan las grandes empresas mineras.

- Aparte de la cuota de contaminación actual aportada por las cooperativas, los desmontes y desechos extensos dejados por anteriores explotaciones mineras, por más de cuatro siglos, están provocando aún molestias y perjuicios en el hábitat de los pobladores. Los efectos de, sobre todo, la contaminación del agua y el suelo se expresan en la desaparición de la fauna y flora, lo que hace más deprimente el panorama altiplánico.
- Hemos constatado que en las cooperativas no existe conciencia acerca de los temas ambientales, lo que provoca que los trabajos de explotación, concentración y otros procesos persistan y agraven los factores de contaminación ya citados.
- La actividad minera y los depósitos de relaves tienen una mala imagen como fuentes de contaminación ambiental, como los residuos de Morococala, Huanuni, Poopó y otros; pero la toma de conciencia ambiental, el avance tecnológico y la legislación vigente abren fundadas esperanzas de lograr en el futuro una explotación racional y mejor planificación de los cuantiosos recursos mineros que poseen las cooperativas mineras de nuestra región, de manera que nadie salga perjudicado por esta actividad, que representa uno de los engranajes de la economía local, principalmente.
- Entre los defectos serios que tiene la legislación ambiental actual, está la responsabilidad que en los contratos de concesión se atribuye a las cooperativas con relación a los pasivos ambientales existentes en sus áreas de trabajo, producto de épocas de explotación pasadas.
- La legislación ambiental tiene alcances necesarios e interesantes en cuanto a la protección del agua, el suelo, la atmósfera, etc., pero presenta algunas falencias en cuanto a la clasificación de aguas en el departamento. Se espera la consolidación del Consejo Departamental de Medio Ambiente (CODEMA), para que, junto a las cooperativas mineras, se pueda realizar la clasificación diferenciada de aguas para el uso exclusivo de las cooperativas mineras, y tomando en cuenta otras disposiciones legales referidas al tema, como la Ley de Aguas.
- La Ley del Medio Ambiente está dirigida a la preservación de la naturaleza; sin embargo, no toma en cuenta que la explotación minera cooperativizada tiene una economía de supervivencia, por lo que se encuentra imposibilitada de cumplir a corto plazo con todo lo dispuesto en esta ley. Por lo mismo, si se emprende un plan en favor de las cooperativas, éstas podrían constituirse a largo plazo en sujetos jurídicos que cumplen con las disposiciones legales.

- La Alcaldía y/o Prefectura de Oruro se encuentran ante una disyuntiva: exigir la protección del medio ambiente, lo que implica afectar seriamente a la supervivencia de las cooperativas, o permitir que estas entidades sigan generando empleo, pese a los perjuicios que están provocando en la naturaleza.
- La obtención de la Licencia Ambiental requiere un trámite excesivamente prolongado, por lo que el Estado debe facilitar esta gestión para cuidar que el trabajo de las cooperativas mineras no sea nocivo a la salud humana ni al medio ambiente en general; así se permitirá al Estado ejercer un control verdadero sobre este aspecto.
- Es urgente tomar en serio la conservación y preservación del medio ambiente en la zona, especialmente en el tratamiento de las aguas que se encuentran contaminadas por efecto de la minería. Se debe evitar que la actividad de las cooperativas siga siendo fuente de contaminación, pero sin que se las afecte como medios de supervivencia. Por el contrario, dada la importancia relativa que tiene el sector en este departamento, se lo debe atender en procura de que este medio de trabajo apunte a una verdadera mejora de la calidad de vida, no sólo de los mineros sino de la población en general.
- El Estado incumple el Código de Minería en lo que hace al establecimiento de mecanismos de fomento productivo y prestación de asistencia técnica y financiamiento a las cooperativas mineras, en tanto éstas son generadoras de recursos económicos con empleo productivo; para ello se debía canalizar recursos nacionales e internacionales, que hoy por hoy no existen o son mínimos e insuficientes. Comprobamos, por el contrario, que en la actualidad existen otras instituciones que han asumido parcialmente esta responsabilidad.
- Actualmente las cooperativas acogen a un número considerable de trabajadores y absorben la mano de obra desocupada. La tendencia del empleo de las cooperativas es variable ya que está sujeta a las condiciones del yacimiento y las inclemencias del tiempo, pero no hay duda de que su cierre significaría una catástrofe social y provocaría mayor desempleo.
- En cuanto a su organización, las cooperativas tienen un bajo nivel de aplicación de algunos de los principios fundamentales del cooperativismo, como son la capacitación, la toma de decisiones, el control, etc.
- Los estatutos y reglamentos con base en los cuales funcionan las cooperativas no se cumplen en todos sus alcances por falta de información adecuada de los dirigentes

y socios de base; en general se desconocen las funciones, derechos y obligaciones que tienen los socios.

- La economía de una buena parte de las cooperativas atraviesa momentos difíciles: éstas no cuentan con capacidad de ahorro, limitándose a la producción y venta de concentrados en condiciones no favorables, y destinando los pocos ingresos a la mera subsistencia familiar.
- Hay ausencia crónica de capitales para mejorar esta actividad. Las cooperativas no son consideradas sujetos de crédito ante organismos financieros, lo que incide en la baja producción y repercute a la larga en la calidad de vida. La legislación minera tiende a la reactivación de la gran minería mediante la canalización de grandes capitales nacionales y extranjeros, pero se olvida de la pequeña producción, como es el caso de las cooperativas.
- Los productos que salen del trabajo cooperativo están sujetos a las oscilaciones de las cotizaciones internacionales de minerales, por lo cual los recursos económicos son fluctuantes y no permiten ni reinversión productiva ni planificación de ingresos y gastos familiares.
- La actividad de las cooperativas es artesanal, pues la mecanización es escasa o inexistente. No se utilizan maquinarias para el trabajo minero, por lo que se recurre al trabajo manual, que resulta pesado y con baja producción. Hay uso deficiente de los recursos mineralógicos debido a la explotación selectiva de minerales ricos.
- La falta de nuevos parajes de trabajo y la explotación irracional a la que fueron sometidos los yacimientos hacen que éstos sean "pobres"; además, los derechos de concesión para la explotación de yacimientos marginales son de corto plazo (10 años). A esto hay que agregar el hecho de que algunos socios disponen de parajes considerados buenos, de los que prácticamente se adueñan de manera individual, por las inversiones que efectúan, sin permitir la intromisión de otros socios. Esta práctica va contra la filosofía cooperativista.
- Ante la falta de asistencia técnica, el cooperativista recurre a su experiencia y su creatividad para salir adelante, generando fuentes de ingreso, aunque con serias carencias de planificación técnica para la explotación y procesamiento.
- La seguridad industrial está ausente en sus actividades o es muy limitada; el trabajo se realiza en condiciones deprimentes, riesgosas y rudimentarias, tanto en interior mina como en relaves. Para la protección se recurre al instinto de sobrevivencia. En

interior mina se utilizan guardatojos, lámparas de carburo o eléctricas, botas y un pañuelo que cubre del polvo. Los relaveros utilizan una gorra, ropa usada y botas. Los guantes son poco usados en ambas formas de trabajo. Las palliris sólo usan botas en el río y un plástico para cubrirse.

Finalmente, tomando en cuenta todos estos aspectos como variables, concluimos en que la capacidad de las cooperativas es mínima: en lo económico, por sus bajos recursos y falta de capacidad de ahorro; en lo técnico, por su nivel de formación, falta de tecnología e inexistencia de mercado justo; en lo medioambiental, debido a la falta de conciencia y de recursos humanos capacitados y técnico-económicos para la mitigación ambiental; en lo social, debido a la carencia o insuficiencia de políticas de desarrollo desde el gobierno central, departamental y sectorial.

## 2. Recomendaciones

- Es importante el diseño de una estructura organizativa y su implementación para dar funcionalidad a las cooperativas, y de esta manera lograr que el desarrollo de las actividades se realice dentro de un marco de competencia, con visión empresarial y tomando en cuenta tanto la especialización del trabajo como la descripción de puestos.
- Es necesario incluir en los estatutos y reglamentos de las cooperativas artículos específicos dirigidos a la protección del medio ambiente.
- Se debe lograr el reconocimiento de las cooperativas por parte de la población laboral, como sector importante de la producción nacional y motor del desarrollo de las regiones rurales y especialmente mineras del departamento de Oruro, fomentando sus actividades y ayudando a salir de la informalidad a sus socios, para incorporarlos a una forma de producción formal.
- Es urgente que las cooperativas realicen trabajos de exploración, mantenimiento y explotación. Así lo exige la situación de las minas que fueron abandonadas por COMIBOL en condiciones de yacimientos terminados.
- La búsqueda de nuevas fuentes de trabajo debe proceder mediante exploraciones en sectores de la minería subterránea, para dejar la dependencia de la recuperación de colas. Así se eliminaría, por ejemplo, la dependencia del sector de Huanuni

de las colas desechadas por la Empresa Allied Deals Minera Huanuni S.A. en cuanto a los concentrados de estaño.

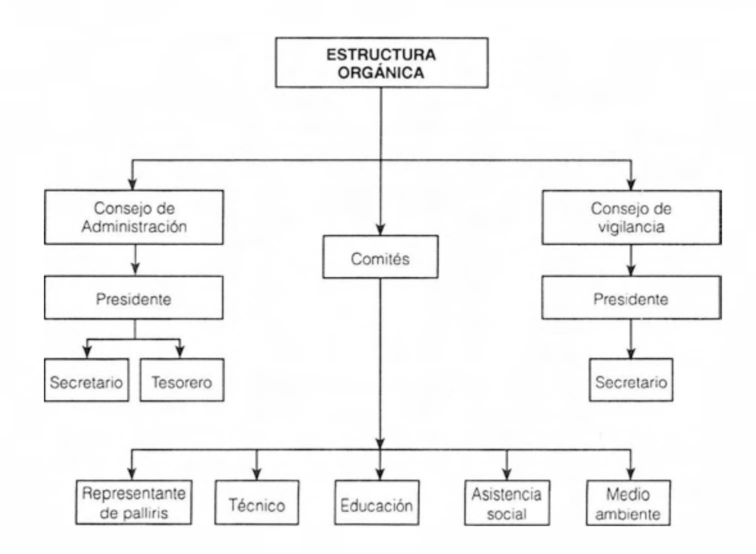
- La mayor parte de las cooperativas cuentan con infraestructura básica de trabajo, por lo que se recomienda realizar otro tipo de explotación con minerales acompañantes o secundarios, así como su comercialización. Por ejemplo, pirita, calizas y otros.
- Es necesaria la capacitación del personal responsable de las cooperativas tanto en mina como en superficie para mejorar las labores de producción, socializando lo aprendido a través de su difusión a los demás socios.
- Urge dar una formación técnico-organizativa a los socios cooperativistas para utilizar mejor el tiempo y las horas de trabajo, con el objetivo de lograr una mejor producción.
- Para ampliar la concentración manual, sería conveniente recurrir a mecanismos más eficientes y con menos esfuerzo, utilizando para ello sistemas de poleas impulsadas por bicicletas adaptadas para crear movimiento.
- En la comercialización de minerales, las cooperativas deben prever un mecanismo de recuperación para aquellos socios que producen concentrados de baja ley. Por ejemplo, encargarse de su comercialización en forma conjunta, o sea, en forma cooperativizada. Es pertinente conocer también el funcionamiento de las comercializadoras, las cotizaciones de los minerales dentro del mercado nacional e internacional, así como los términos de los convenios o contratos.
- El Estado debe fomentar la tramitación de los proyectos iniciales de manifiestos ambientales para las cooperativas mineras, mediante un equipo multidisciplinario dependiente del Viceministerio de Medio Ambiente, en coordinación con el de Minería, para lograr el avance en la implementación de las evaluaciones e informes ambientales, con el propósito de efectivizar el desarrollo sostenible.
- Es prioritario el establecimiento de un filtro más selectivo para el proceso de obtención de Licencias Ambientales, con base en el tipo de actividad, la localización, el número de socios y las áreas de trabajo.
- Se recomienda la realización de un estudio específico en materia de salud ambiental y ocupacional, puesto que esta problemática repercute en la producción de forma negativa para el socio cooperativista y su familia.
- También urge la realización de un estudio epidemiológico sobre la salud de los socios cooperativistas mediante apoyo externo, en razón de que este tema es de alta sensibilidad en el hábitat humano.

- Las cooperativas deben establecer relaciones con la Universidad Técnica de Oruro, específicamente con las facultades y carreras relacionadas con el trabajo que desempeñan, mediante convenios que comprendan trabajos de investigación y propuestas. Así, la universidad y los universitarios interesados en el tema permitirían un mayor acceso a la información necesaria a las cooperativas.
- Finalmente, es necesaria la realización de un estudio metalúrgico de la producción minera cooperativizada, aspecto importante para una mejora en el desarrollo cooperativo. El estudio podría muy bien ser objeto de otra investigación propiciada por el PIEB.

## 3. Propuesta de estudio

Luego de analizar el panorama descrito, proponemos un Plan Integral de Desarrollo para las Cooperativas Mineras de Oruro (PID-CMO), en coordinación con el Plan Maestro de Desarrollo Minero de la Prefectura del Departamento Gestión 2001-2002, cuyas líneas generales detallamos a continuación además de esquematizarlo en el Anexo 5.

El estudio propone, para un mejor funcionamiento de las cooperativas, el siguiente diseño de estructura organizativa, con el propósito de lograr una visión empresarial en su conducción, tomando en cuenta la especialización del trabajo, la descripción de puestos de trabajo y la asignación de responsabilidades.



Para lograr el cumplimiento del estatuto orgánico es conveniente organizar cursos de información, concientización y toma de decisión destinados a los socios. El horario de trabajo debe regirse por medio de ingresos y salidas establecidos por turnos para el uso de equipos y maquinaria en forma equitativa. Además, se debe establecer un horario que comprenda dos turnos para la explotación. Con ello se conseguirá un mejor sistema de ventilación.

### 3.1. Nuevo sistema de producción

El nuevo sistema de producción deberá contar legalmente con el apoyo del Estado a través de la Prefectura. El mismo permitirá el aprovechamiento integral de las materias primas, el tratamiento de materiales de desecho, la disposición segura de colas, relaves y uso eficiente de energía para el aprovechamiento racional de los yacimientos. Todo ello, creemos, permitirá aplicar una política ambiental aceptable con efluentes de aguas dentro los límites permisibles.

La organización del trabajo debería estar enmarcada dentro de los principios del cooperativismo, y debiera reflejarse en los estatutos y reglamentos internos. También se debe cumplir con el principio de formación cooperativa integral, centrando la capacitación en temas ambientales tales como la producción sin contaminación, y la determinación de sectores de trabajo para la mitigación ambiental, con técnicos responsables en el tema para cada subcuenca y/o cooperativa. En la etapa de exploración se deben realizar proyectos de trabajos con equipos a diamantina.

En el Anexo 4 presentamos un modelo de elección del método numérico de D. E. Nicholás de explotación subterránea, de acuerdo a los siguientes parámetros técnicos en pequeña escala:

- Parámetros geológicos y mecánicos del yacimiento.
- Parámetros de productividad, costo de producción y porcentaje de salarios.
- Geometría del yacimiento de acuerdo a la distribución de leyes.
- Características de la mecánica de rocas del yacimiento.
- Rango de geometría y distribución de leyes.
- Parámetros de productividad valorados.

El modelo permitirá prevenir algunas crisis mineras que afectan a la minería nacional y conseguirá tanto una explotación racional de los yacimientos mineralógicos con que cuentan las cooperativas como el conocimiento de las reservas, evitando el deterioro de las minas.

Los procesos metalúrgicos deberán ser optimizados e implementados de acuerdo a un estudio minucioso técnico-metalúrgico que contemple un dique de colas y estanques de sedimentación de residuos sólidos. Para la mitigación de los contaminantes producidos por la explotación se requiere la preparación de áreas para la construcción de un dique de colas con suelos impermeabilizados.

### 3.2. Construcción de dique de colas

El dique de colas tiene gran importancia, porque acumula residuos minerales que tienen valor económico, los mismos que, a través de un proceso tecnológico mejorado, pueden ser objeto de recuperación. Su ubicación debe ser preferentemente en las quebradas, cubriendo, en lo posible, los sedimentos contaminados del río. Como tecnología para su construcción se recomienda la inundación y/o saturación del agua, pudiendo el agua de mina actuar como medio de transporte para las colas.

Un dique de colas también significa una opción para recuperar el agua de proceso con un pH neutro o alcalino después de un tratamiento químico. Para la expulsión de los desechos de la producción minera previo tratamiento de los mismos en las plantas concentradoras, como ocurre en Poopó, Japo, Morococala, Huanuni y otros, se recomienda considerar varios aspectos para la construcción de un dique de colas con el propósito de mitigar la contaminación ambiental que existe actualmente.

El 98% del mineral extraído de la mina representa una enorme cantidad de desechos en forma de pulpa que debe almacenarse en diques seguros y controlados para evitar el deterioro ambiental ante una posible riada u otra eventualidad. Por eso es tan importante evitar los riesgos a que están expuestas las personas, las instalaciones y propiedades.

### 3.3. Tratamiento del agua de mina

El agua de mina, como se ha podido comprobar, es fuente directa de ácidos en el agua del río y en carga de metales. Esta situación mejoraría si el agua fuera tratada con cal antes de ser descargada desde la mina y antes de ser usada en el ingenio, lo cual significaría una

mejora en la planta de concentración. Esto reportaría ahorro y evitaría problemas de corrosión. La cantidad de lodos que se generarían a causa de este tratamiento se recolectaría en el dique que colas.

### 3.4. Cambios en la calidad laboral. Aspectos legales

La Constitución Política del Estado, como rectora de las normas protectoras del capital humano, protege también a los cooperativistas, que deben ejercer sus derechos en su calidad de ciudadanos sin descuidar la seguridad y la salud, aspectos problematizados por el carácter artesanal de la producción cooperativa. Por tanto, se propone que los cooperativistas implementen mecanismos para tomar conocimiento de las leyes, los derechos y las obligaciones. También para acceder a orientación y capacitación, lo que repercutirá no sólo en el buen desempeño del trabajo, sino también en la prevención de riesgos.

Se deben implementar medidas de higiene y seguridad industrial, seguridad ocupacional y uso adecuado de las herramientas de trabajo, para lo cual es preciso contar con el apoyo del Estado. También aquí es necesaria la formación integral directa o mediante el apoyo de organismos internacionales con contraparte de los socios cooperativistas.

Para efectos del cuidado y preservación de la salud, el Estado deberá implementar postas que den cobertura al Seguro Básico de Salud para mujeres y niños. Se deben fortalecer los sistemas de protección al cooperativista minero mediante el seguro de enfermedad y riesgos profesionales, a través de la Caja Nacional de Salud y con el aporte obligatorio de parte de las cooperativas y/o cooperativistas.

Para la implementación de la Ley del Medio Ambiente sugerimos contar con un equipo especializado conformado por socios cooperativistas, que asuma las nuevas funciones para la elaboración de informes sobre el plan de aplicación y seguimiento ambiental al que se someterán las cooperativas.

Sugerimos también la elaboración de un manual de higiene y seguridad industrial actualizado y coherente con la realidad del cooperativista de las subcuencas, específicamente sobre manejo de sustancias utilizadas en interior mina.

### 3.5. Mejoramiento de la producción

Para lograr una mejor producción e incrementar el rendimiento en la explotación es necesario el cambio del método de trabajo en tres sentidos:

- Aprovechamiento de la fuerza de gravedad, evitando los transbordos. Se debe:

  a) Organizar de mejor manera y en forma racional la distribución del trabajo.
  b) Escoger el sistema de explotación.
  c) Centralizar la extracción de la caja.

- Relleno con carga escogida o estéril, lo que implicará:

  a) Rebajar los costos de extracción.
  b) Otorgar seguridad ante posibles derrumbes y bloqueos en la mina.
  c) Mejorar la ventilación.

- Distribución del trabajo en interior mina, que se logrará con la implementación del trabajo rotatorio, forma adecuada a la filosofía del cooperativismo.

## 3.6. Políticas a implementarse

En el nivel institucional, es necesaria la capacitación mediante seminarios-taller sobre investigaciones científicas y técnicas modernas. Será necesario que las instituciones que trabajan con cooperativas mineras definan sus objetivos estratégicos específicos y sus áreas de acción en el apoyo a las cooperativas.

Se debe tender a mantener una coordinación entre el Viceministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente con el de Minería, para mejorar el apoyo a las actividades relacionadas con la reactivación del sector de la minería cooperativizada, así como promover el cuidado del medio ambiente, con cooperación tecnológica, científica y técnica en las diferentes áreas. También realizar una evaluación periódica con el intercambio de datos, informes y otros.

Sería buena la creación de una institución que canalice en forma directa la exportación de los minerales dirigidos a los mercados internacionales, evitando intermediarios. También el establecimiento de relaciones con instituciones externas.

Finalmente, proponemos la inmediata transferencia de equipos y maquinarias de instituciones del Estado como COMIBOL, Banco Minero y otros a los cooperativistas.

A corto plazo, es urgente emprender campañas de concientización y eventos de análisis de impactos ambientales con presencia de expertos en el tema y de otros sectores

sociales. Lo mismo con relación a campañas de comunicación, difusión y sensibilización de los efectos ambientales provocados por la actividad minera, especialmente de las cooperativas.

También consideramos pertinente la aplicación de políticas públicas de carácter técnico y científico, sin descartar la inversión privada en la posible introducción de tecnologías modernas. Lo mismo cabe decir de los proyectos de financiamiento para inversión en equipos y maquinarias destinados a la exploración de yacimientos.

Nos parece interesante la implementación de una política de incentivos, con la creación de premios anuales a la protección y cumplimiento de las normas ambientales, consistentes en herramientas u otro tipo de incentivo material de acuerdo a las necesidades particulares de cada cooperativa, pero también menciones honoríficas.

Pensamos que si se toman en cuenta los recaudos señalados en este estudio, se podrá mejorar la producción de las cooperativas, evitando la contaminación ambiental y mejorando la calidad de vida a la que tienen derecho todos.

# Glosario

**Adsorción:** Adherencia que tiene lugar en la superficie de un sólido o de un líquido en contacto con otro medio.

**Aluvión**: Depósito sedimentario formado por materiales transportados y depositados por aguas corrientes.

**Auditorías Ambientales** (AAS): Proceso metodológico que involucra análisis, pruebas y confirmación de procedimientos, y que lleva a la verificación del grado de cumplimiento de requerimientos legales y políticas internas establecidas. Se realiza previa solicitud de la autoridad ambiental competente, pudiendo utilizarse en diferentes etapas de la actividad, con el objeto de definir su línea base o estado cero durante la operación o al final de la misma. El informe de la Auditoría Ambiental será el instrumento para el mejoramiento de la gestión ambiental. Las AAS serán integradas en las siguientes fases: 1) Planificación, 2) Actividades en el sitio a auditar y 3) Reporte.

**Béntica:** Conjunto de organismos, animales y vegetales, que viven fijos sobre el fondo de lagos o que presentan escasa movilidad.

**Coluvio:** Material acumulado al pie de una vertiente y que sólo ha experimentado un corto transporte.

**Copagira**: Aguas ácidas cargadas de sales de hierro y cobre, que emanan de las fracturas y fisuras.

**Desmonte**: Acumulación de material sólido desechado extraído de la mina.

**Diamantina**: Equipo que sirve para reconocimiento del yacimiento por medio del taladro y el testigo (muestra) de la roca o mineral.

**Diapiro:** Masa rocosa muy plástica que al ser comprimida revienta los estratos superiores y asciende a través de los mismos. Ej: domo salino.

**Declaratoria de Adecuación Ambiental** (DAA): Documento que emite la autoridad ambiental competente por el que se aprueba ambientalmente la prosecución del proyecto. Tiene carácter de Licencia Ambiental, se basa en la evaluación del Manifiesto Ambiental y fija las condiciones ambientales que deben cumplirse de acuerdo a los planes de adecuación, aplicación y seguimiento ambiental propuestos. Se adjuntará con el Manifiesto Ambiental, en la referencia técnico-legal para los procedimientos de control ambiental.

**Declaratoria de Impacto Ambiental** (DIA): Instrumento público expedido por la autoridad ambiental que determina los efectos previsibles, la conveniencia de realizar la actividad proyectada y las condiciones a establecerse para la protección del ambiente.

**Escorrentía**: Erosión producida por el agua al descender a lo largo de una pendiente más o menos pronunciada. Corrientes libres que forma la lluvia sobre un terreno.

**Evaluación del Impacto Ambiental** (EIA): Son los procedimientos administrativos, estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto pueda tener sobre un determinado medio ambiente. Todos aquellos proyectos que requieran de estudio de evaluación de impacto ambiental deben contar con la Declaratoria de Impacto ambiental (DIA).

**Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental** (EEIA): Identifica y evalúa los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar una determinada actividad, con el fin de establecer las medidas para mitigar o controlar los más negativos e incentivar los positivos. El estudio tiene carácter de declaración jurada y puede ser aceptado o rechazado por la autoridad competente (Prefectura).

**Ficha Ambiental** (FA): Documento técnico que marca el inicio del proceso de evaluación del impacto ambiental, el mismo que se constituye en un instrumento para la determinación de las categorías del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), todo con ajuste a la Ley del Medio Ambiente. Este documento tiene la categoría de declaración jurada y determina los impactos negativos de la actividad y las posibles soluciones.

**Fitotóxico**: Vegetal o planta que tiene la capacidad de producir efectos nocivos al entrar en contacto con un organismo vivo.

**Guía mina**: Consiste en separar trozos de mineral de alta ley existentes en los diferentes parajes de explotación; el equipo que se utiliza para este trabajo consiste en combos, cuñas, palas, etc.

**Hidrófilo:** Que absorbe el agua con gran facilidad. Por ejemplo, el algodón o la gasa hidrófila. Material que se caracteriza por tener afinidad al agua.

**Hidrofobizado**: Material que se caracteriza por tener afinidad a las burbujas.

**Hidrólisis:** Formación de un ácido y una base a partir de una sal por interacción con el agua.

**Jucus o lobitos:** Personas que se dedican al robo del mineral.

**Líneas Decauville**: Material compuesto de hierro, estaño y cobre. Las líneas Decauville sirven como rieles de los carros de mina.

**Licencia y permisos ambientales:** Documento jurídico administrativo otorgado por la autoridad ambiental competente ante el representante legal, que avala el cumplimiento de todos los requisitos previstos en la ley y reglamentación de prevención y control ambiental. La Licencia Ambiental tiene vigencia de 10 años, debiendo actualizarse con antelación de 90 días antes de su vencimiento. Todo esto está dispuesto en la Ley del Medio Ambiente.

**Magma:** Masa espesa, viscosa y de consistencia gelatinosa. Materias en fusión ígnea, cuya solidificación ha dado origen a ciertos minerales, como las rocas eruptivas.

**Másico:** Referida a la cantidad de masa. Por ejemplo, flujo másico.

**Mesa concentradora**: Equipo que sirve para concentrar minerales por gravedad. Hay mesas para tratamiento de granzas denominadas granceras y otras, lameras, para material fino.

**Manifiesto Ambiental** (MA): Instrumento por el cual el representante legal de la actividad informa a la autoridad ambiental competente del estado ambiental en que se encuentra el proyecto, y si corresponde un plan de adecuación. Tiene calidad de declaración jurada.

**Palliri**: Mujer que se dedica a la labor de escoger y triturar los granos de mineral.

**Paraje**: Término que designa el lugar donde realizan sus labores de explotación los trabajadores mineros.

**Patogenicidad**: Capacidad de producir enfermedad.

**Pegmatita:** Conglomerado. Roca de color claro y textura laminar compuesta de feldespato y cuarzo.

**pH:** Potencial de hidrógeno con la expresión del logaritmo negativo en base 10 de la concentración de iones hidrógeno. La acidez corresponde a un pH menor a 7; la basisidad, a uno mayor a 7, y la neutralización, a uno igual a 7.

**Pirquin**: Explotación manual sobre veta.

**Quelato**: Cada uno de los compuestos químicos formados por los iones metálicos.

**Saloneo**: Perforaciones mayores que se ejecutan para instalación de equipos y revestidas con piedra.

***Sink and float***: Residuos del proceso de flotación, donde *sink* es el elemento no flotante y *float* el elemento recuperado mediante espuma.

**Selenitoso:** Que contiene yeso.

**Taxas:** Nombre que se da genéricamente a cualquier categoría sistemática. Clasificación de todos los seres vivos en una serie de categorías, de acuerdo a sus afinidades naturales.

# Bibliografía


ADI ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INC.

1996 *Auditorías ambientales de operaciones e instalaciones de COMIBOL a ser transferidas al sector privado o cerradas definitivamente.* La Paz, AEMI.

BANCO MUNDIAL

s.f. *La gestión ambiental en Bolivia.* La Paz, "s.e".

BOETCHEER

s.f. *Las cooperativas en una economía de mercado.* "s.p.i."

BOLIVIA. LEYES, DECRETOS, ETC.

1958 Ley General de Sociedades Cooperativas. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1977 Código de Comercio. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1986 Ley 843 de regulación del Sistema Tributario Nacional. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1992 Ley 1333 del Medio Ambiente. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1993 Ley 1493 de Ministerios. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1994 Ley 1551 de Participación Popular. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1994 Constitución Política del Estado. Reformulada. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1995 Reglamento de la Ley del Medio Ambiente. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1995 Ley 1654 de Descentralización Administrativa. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1997 Código 1777 de Minería. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1997 Decreto Supremo 24780 de impuestos mineros. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1997 Decreto Supremo 24635 Reglamentario de la Ley 1786. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1997 Ley 18786 de Mecanismos de Promoción. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1997 Reglamento 24783 para Actividades Mineras. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

1999 Código Penal. La Paz, Gaceta Oficial de Bolivia.

BOLIVIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

1998 *Programa de medio ambiente.* La Paz, "s.e."

BOLIVIA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN

1997 *Guía para capacitadores del desarrollo sostenible.* La Paz, Viceministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

BOLIVIA. SECRETARÍA NACIONAL DE MINERÍA

s.f. Proyecto Bol-95011. La Paz, NN.UU.

BOLIVIA. VICEMINISTERIO DE MINERÍA Y METALURGIA

2000 Anuario estadístico: sector minero metalúrgico. La Paz, DEAT-FENCOMIN.

2000 *Diagnóstico de la situación actual y propuestas de estrategias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en Bolivia.* La Paz, Viceministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

CAMACHO BORDA, Emilio

1998 *Estudio de factibilidad económica: aplicación de espirales Reichert en la recuperación de estaño de colas de arenas frescas E.M. Huanuni.* Tesis para optar al título de licenciatura en la Universidad Técnica de Oruro. Oruro.

CAPUMA CÁCERES, Hugo

1996 *Aplicación del método geoquímico en la evaluación del grado de contaminación del río Huanuni.* Proyecto de grado. Oruro.

CEDLA

2000 *Dinámica productiva y condiciones laborales en el sector minero.* La Paz, CEDLA.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIO POPULAR (CISEP)

1996 *Diagnóstico. Cooperativa minera "La Salvadora" Ltda.* Oruro, CISEP.

1996 *El cooperativismo minero en Oruro.* Oruro, CISEP.

1998 *Rehabilitación del ingenio y la mina de Japo.* Oruro, CISEP.

s.f. *Cooperativa minera "El Porvenir" Ltda.* Oruro, CISEP.

CENTRO DIOCESANO DE PASTORAL SOCIAL (CEDIPAS)

1998 *Diagnóstico minero participativo. Poopó*. Oruro, Programa de Educación y Apoyo a Programas y Centro de Ecología y Pueblos Andinos.

CEPROMIN

1989 *Cooperativismo minero: paliativo, engaño o solución*. La Paz, "s.e."

COCA, Andrés; MC CAIG, Karen; OCHOA, Milton

1999 *Diagnóstico minero ambiental DMTA-Santa Fe*. Oruro, PEAP FONCRESOL.

COMIBOL

1977 *Reglamento de seguridad para interior mina*. La Paz, Departamento Central de Higiene y Seguridad Industrial.

COMIBOL- Swedish Geological AB

1995 *Auditoría Ambiental de la mina Huanuni*. Parte 1. Oruro.

CONFERENCIA BOLIVIANA DE RELIGIOSOS

2000 *Construyendo un desarrollo humano para todos*. Conclusiones del Foro Jubileo 2000. La Paz, CBR.

CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ALIANZA COOPERATIVA INTERNACIONAL

1995 *Declaración de Manchester*. Manchester, ACI.

CONSULTORES ASOCIADOS SRL

s.f. *Información general básica del departamento de Oruro*. Oruro.

CRESPO CALLAÚ, Renato

1999 *Diccionario de términos ambientales*. La Paz, CESU-UMSS.

DELGADO, Serafín

1985 *Manual de cooperativismo minero*. Oruro, "s.e."

ESCOBAR DE PABÓN, Silvia

2000 *Dinámica productiva y condiciones laborales en el sector minero*. La Paz, CEDLA.

FARÍAS PAEZ, Enrique

1999 *Presas de colas de concentración de minerales y medio ambiente*. Santiago de Chile, SERNAGEOMIN.

FEDERACIÓN DEPARTAMENTAL DE COOPERATIVAS MINERAS DE ORURO (FEDECOMIN)

1984 *Manual de funciones para dirigentes de consejos*. Oruro, FEDECOMIN.

1996 *Apoyo al fortalecimiento del cooperativismo minero en Oruro*, Oruro, CISEP.

1997 *Diagnósticos: cooperativas mineras de Oruro*. Oruro, FEDECOMIN, CEDIPAS, CISEP.

FLORES G., Edith

1998 *Agua, riego y medio ambiente*. Oruro, PMO, GTZ.

FUNDACIÓN BOLINVEST

1998 *Minería y medioambiente.* La Paz, Bolinvest.

FUNDACIÓN MINERÍA, MEDIO AMBIENTE E INDUSTRIA

1999 *Memorias del diálogo ambiental en Bolivia*. La Paz, MEDMIN.

2000 *Manejo integrado del medio ambiente en la pequeña minería.* La Paz, MEDMIN.

*Sistemas para clarificación de aguas de ingenio*. La Paz, MEDMIN.

GREENE MUÑOZ, Jorge

1997 *Procesos mineros e impactos ambientales en Chile.* Santiago de Chile "s.e."

GRUENBERGER, Jenny

1999 *Miradas, voces y sonidos: conflictos ambientales en Bolivia.* La Paz, Fobomade-Olca

GUDYNAS, Eduardo

s.f. *Los límites y oportunidades para un desarrollo sostenible.* "s.p.i."

INE, MDSP, COSUDE,

1999 *Atlas estadístico de municipios.* La Paz, Producciones Cid.

KAZHDAN, A. B.

1982 *Prospección de yacimientos minerales.* Moscú, MIR.

LEDO L., Juan Carlos

1998 *Análisis y estudio de la comercialización de estaño en la cooperativa minera El Porvenir de Japo.* Oruro, "s.e."

MC CAIG, Kare; OCHOA, Milton; STOOPS, Sari

1998 *Diagnóstico minero participativo*. Oruro, PEAP.

MENDIZÁBAL, Marthadina
1993 *Oruro, del desastre a la esperanza*. La Paz, ILDIS.

MORALES, Cécile B. de
1988 *Manual de ecología*. La Paz, UMSA, Instituto de Ecología.

NACIONES UNIDAS
1998 *Desarrollo humano en Bolivia*. La Paz, PNUD.

ORURO. ALCALDÍA DE HUANUNI
1998 *Plan de desarrollo municipal*. Servicio Técnico de Consultoría. Huanuni.

ORURO, CENTRO ORUREÑO DE PLANIFICACIÓN
1994 *Proyecto recursos naturales y preservación ecológica*. Resumen ejecutivo. Oruro, Programa de Investigación de Ingeniería Química, UTO.

ORURO. PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO
2000 *Plan departamental de desarrollo económico y social*. Oruro.
s.f. *Plan maestro de desarrollo minero de la gestión 2001-2002*.

PRIESTER, Michael; HENTSCHEL, Thomas; BENTHIN, Bernd
1992 *Pequeña minería. Técnicas y procesos*. Alemania, GTZ-GATE.

PROYECTO PILOTO ORURO
1996 *Evaluación de recursos minerales y su utilización*. Oruro, PPO-MDSMA.
1996 *Depósitos de colas de minerales en el área del PPO*. Oruro, PPO-MDSMA.
1996 *Aspectos ambientales de los metales y metaloides en el sistema hidrológico del Desaguadero*. Oruro, PPO-MDSMA.
1996 *Impacto de la minería y el procesamiento de minerales en cursos de agua y lagos*. Oruro, PPO-MDSMA.
1997 *Documento final del Plan de gestión ambiental*. Oruro, PPO-MDSMA.
1997 *Hidrología del área del PPO*. Oruro, PPO-MDSMA.

SERVICIO TÉCNICO DE MINAS, SETMIN
2000 *Informe*. "s.p.i."

SUTULOV, Alexander
s.f. *Flotación de minerales*. Concepción, Chile, Instituto de Investigaciones Tecnológicas.

TRUJILLO LUNARIO, Elvys
1998 *Ampliación y planificación de operaciones mineras en el centro minero Poopó*. Proyecto de tesis. Oruro.

VÁSQUEZ PEÑARANDA, Ladislao Mario
1999 *Limitantes del crecimiento económico de las cooperativas mineras del departamento de Oruro en la coyuntura del modelo neoliberal*. Tesis para optar al grado de licenciatura en la UTO. Oruro.

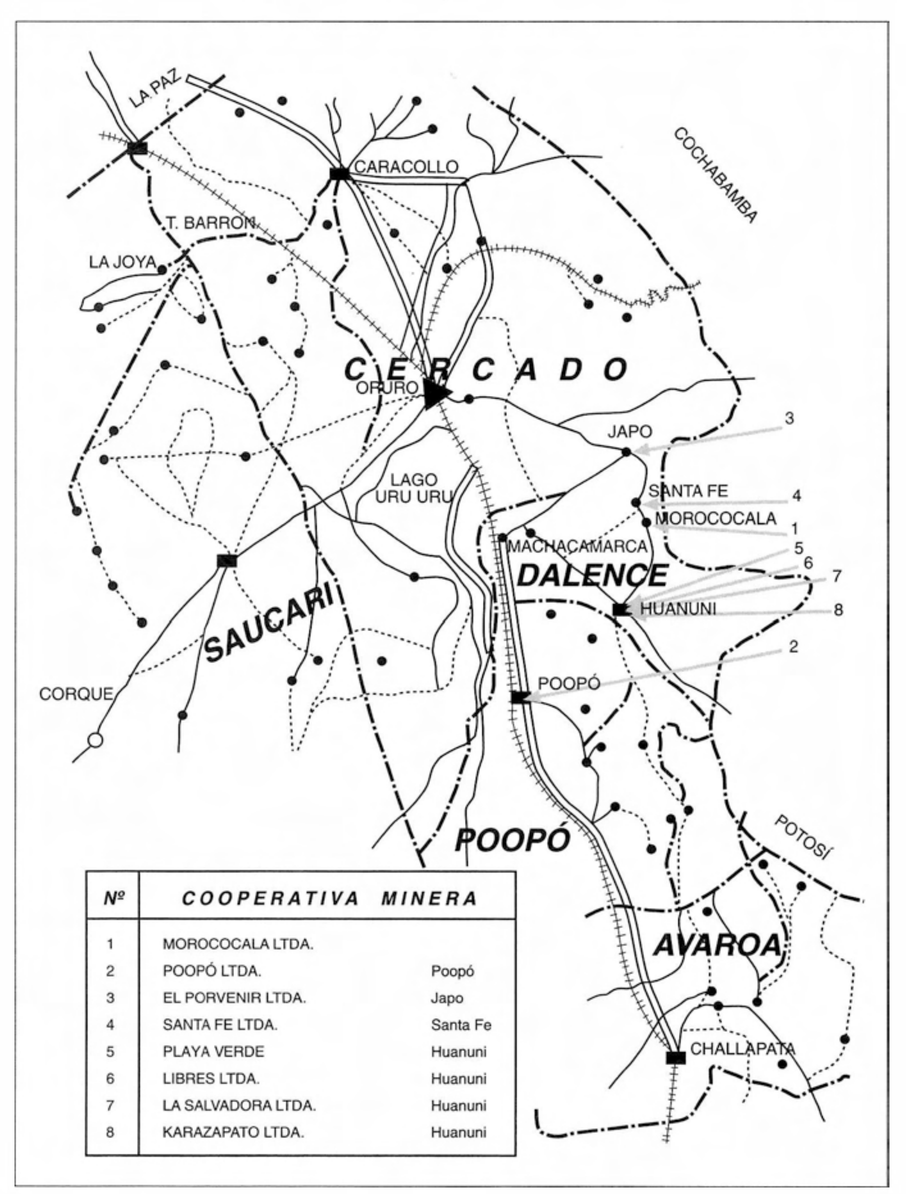
VELA F., Jorge; AGUILAR A., Henry (comps.)
1999 *La realidad de la minería cooperativizada en Oruro 1998-1999*. Oruro, CISEP.

VELASCO F., René
1987 *Laboreo y explotación minera*. La Paz, Los Amigos del Libro.

ZELAYA, Ricardo
s.f. *Minería o medio ambiente. El gran dilema*. La Paz, CEDOIN.

# Anexos

# Anexo 1
## Mapa de las cooperativas mineras




| Nº | COOPERATIVA MINERA | |
|---|---|---|
| 1 | MOROCOCALA LTDA. | |
| 2 | POOPÓ LTDA. | Poopó |
| 3 | EL PORVENIR LTDA. | Japo |
| 4 | SANTA FE LTDA. | Santa Fe |
| 5 | PLAYA VERDE | Huanuni |
| 6 | LIBRES LTDA. | Huanuni |
| 7 | LA SALVADORA LTDA. | Huanuni |
| 8 | KARAZAPATO LTDA. | Huanuni |

# Anexo 2
## Ubicación de puntos de muestreo

| Puntos de muestreo de aguas | Puntos de muestreo de lodos | Ubicación |
|---|---|---|
| HBI-01 | | Orilla del río Huanuni, área de Playa Verde, agua de ingreso a buddle. |
| HBF-02 | | Orilla del río Huanuni, área de Playa Verde, salida de agua del buddle. |
| HP-03 | HPL-01 | Río Huanuni, área civil, Puente central del pueblo. |
| HEIN-04 | | Huanuni, agua de entrada para el Ingenio Santa Elena. |
| HPVR-06 | HPVL-02 | Río Huanuni, área de actividad cooperativizada, antes de la confluencia con el río Venta y Media. |
| HSSR-07 | HSSL-03 | Río San Juan de Sora Sora después de la confluencia con el río Santa Fe. |
| PRB-02 | | Poopó, salida de agua de Bocamina Pampa Rosario. |
| PIE-03 | | Poopó, canaleta de agua antes del ingreso al Ingenio Alantaña. |
| PIS-04 | PISL-01 | Poopó, salida de efluentes del Ingenio Alantaña. |
| MIE-01 | | Morococala, tanque de acumulación de agua para alimentar al Ingenio. |
| MIS-02 | MISL-01 | Morococala, salida del ingenio. |
| JIS-03 | JISL-02 | Japo, salida del ingenio. |
| JBS-04 | | Japo, agua de salida del buddle de concentración. |
| JIE-05 | | Japo, agua de ingreso al ingenio y al buddle. |

## Clasificación de aguas
## Reglamento Ambiental para Contaminación Hídrica

### Clases de aguas

El Reglamento señala que los cuerpos de agua según su aptitud de usos se clasifican en:

CLASE A: Aguas naturales de máxima calidad, habilitadas como agua potable para el consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE B: Aguas de utilidad general, para consumo humano; requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE C: Aguas de utilidad general, para ser habilitadas para consumo humano requieren de tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE D: Aguas de calidad mínima, que para su consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre-sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

# Anexo 3

## Informantes clave cooperativas mineras en estudio

| Observ. | Persona informante | Cargo | Gr.mec. ingenio | Gr.mec. mina | Nivel seg. | Inform. téc. | Tipo de mineral | Prd.con tn/mes | Dispon. recur. | Mét. de explot. | Coordin. de trab. | Horario de labor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sub cuenca Huanuni** | | | | | | | | | | | | |
| Kara Zapato | Sergio Claros | Asesor técnico | s/mec | s/m | Bajo | | Sn | 40 -50 | Poco | Rel-Min | F. Reg. | Variable |
| | Benedicto Quispe | Pdte. Adm. | s/mec | s/m | - | - | Sn/Comp | - | Nulo | Rel-Min | F. Reg./As. | Variable |
| Salvadora | Fernando Paco L. | Pdte. Adm. | Manual | Manual | Bajo | - | Sn | - | Poco | Rel-Min | F. Reg. | 8 – 18 |
| Libres | Zacarías Paco | Pdte. Vigil. | Manual | No tiene | Bajo | | Sn | 25 | Poco | Relave | Vigil. | 7 – 18 |
| | Marcelino Quilla | Pdte. Adm. | Manual | No | No | Reg. | Sn | 20 – 25 | Poco | Relave | F.Reg | 7.30 – 17 |
| Playa Verde | Humberto Aguilar | Asesor técnico | Manual | No | Bajo | - | Sn | - | Poco | Relave | F. Reg. | 8 – 18 |
| **Sub cuenca Santa Fe** | | | | | | | | | | | | |
| Japo | Sergio Claros | Asesor técnico | Mecan. | Manual | 60% | Nada | Sn | 4 - 5 | Nulo | Ningun | Superv. | 8.30-17.30 |
| | Miguel Paredes | Dirigente | s/m | Manual | Nulo | Reg. | Sn. | 3-4 | Nulo | s/mét. | Si | 8.30 – 18 |
| Santa Fe | Moisés Jacinto | Pdte. Adm. | No tiene | Manual | Nulo | Nada | Sn | 1 - 1.5 | Nulo | s/mét. | Pdte. | 8.30 – 17 |
| | Segundino Vargas | Pdte. Vigil. | No tiene | Manual | Nulo | Nada | Compl. | 8 - 10 | Nulo | s/mét. | Ninguna | 8.30 – 18 |
| Morococala | Pastor Gutiérrez | Pdte. Adm. | s/m | S/mec. | Bajo | Nada | Sn | 15-18 | Nulo | s/mét. | Poco | Variable |
| | Indalicio Cruz | Enc. Ingenio | Mecan. | S/mec | Bajo | - | Sn | - | Nulo | Rústico | C, Vigil. | Variable |
| **Sub cuenca Poopó** | | | | | | | | | | | | |
| Poopó | Alfredo Valderrama | Secretario | s/mec. | S/mec. | Bajo | Poco | Compl. | 85 | Nulo | Nulo | Cjo. Vig. | 8.30 - 18 |
| | Eduardo Berdeja | Pdte. Adm. | s/mec. | S/mec. | Bajo | Poco | Compl. | 80 | Nulo | Poco | Cjo. Vig. | Var/secc |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la investigación



# Anexo 4
## Elección del método de explotación

## Cuadro A
## Definición de la geometría del yacimiento de acuerdo a la distribución de leyes

**1. Forma general**

1.1. Equidimensional.- Todas las dimensiones son del mismo orden y magnitud.
1.1. Cuerpos tabulares.- Dos dimensiones son varias veces el espesor, el cual normalmente no excede de 10 metros.

**2. Potencia del cuerpo mineralizado**

| Muy angosto | Angosto | Grueso | Muy grueso |
|---|---|---|---|
| Menor a 3 m. | 3 - 10 m. | 30 - 100 m. | Mayor a 100 m. |

**3. Manteo del cuerpo mineralizado**

| Suave | Intermedio | Pronunciado |
|---|---|---|
| Menor a 20º | 20 – 55º | Mayor a 55º |

**4. Profundidad del cuerpo mineralizado a explotar**

1. Altura estimada aproximada a 120 metros.

**5. Distribucion de leyes**

5.1. Uniforme.- La ley no varía significativamente en cualquier punto del depósito.
5.1. Gradacional.- Las leyes tienen características zonales y la leyes varían gradualmente de un punto a otro.
5.1. Errática. Los valores de leyes varían radicalmente a cortas distancias.

# Cuadro B
# Características de la mecánica de rocas del yacimiento

**1. Reslstencia de la sustancia rocosa. (R Uniaxial / Pr carga)**

| Débil | Moderado | Resistencia |
|---|---|---|
| Menor a 8 | 8 - 15 | Mayor a 15 |

**2. Esparcimiento de fracturas**

| | Fractura/mts. | RQD % |
|---|---|---|
| 2.1. Muy cercanas | Mayor a 16 | 00 - 20 |
| 2.1. Cercanos | 10 - 16 | 20 - 40 |
| 2.1. Espaciados | 3 - 10 | 40 - 70 |
| 2.1. Muy espaciados | Menor a 3 | 70 - 100 |

**3. Resistencia al ciclaje de las fracturas**

3.1. Débil.- Existen diaclasas limpias con superficies muy suaves o rellenadas con un material cuya resistencia es menor que la sustancia rocosa.
3.1. Moderado.- Diaclasas limpias con una superficie rugosa. Resistencia del relleno igual que la resistencia de la sustancia rocosa.
3.1. Resistente.- Existen diaclasas rellenas con un material cuya resistencia es mayor que la resistencia de la sustancia rocosa.

Fuene: Elaboración propia.

## Cuadro C
## Parámetros geológicos y mecánicos

| Método de explotación | Resist. del material | | | Resist. de la caja | | | Configuración del depósito | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Débil | Moder. | Fuerte | Débil | Moder. | Fuerte | Mantos | | V e t a s | | Ma-sivo | Mantos inclinado | | |
| | | | | | | | Potente | Delgado | Potente | Delg. | | C.Hor. | Incli. | C.Ver. |
| Block Caving | X | X | | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X |
| Shrinkage | | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X |
| Cut and Fill | | | | | X | X | X | X | | | X | X | X | X |
| Gal. Lateral | | X | X | X | X | | | | X | X | X | X | X | X |
| S. L. Stoping | | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X |

Fuene: Elaboración propia.

## Cuadro D
## Parámetros de productividad, costos de producción y porcentaje de salario de personal

| Método de explotación | Costo directo explot. Sus/Ton. | | | Productividad Tons/H | | | Salarios del costo total % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bajo | Alto | Promedio | Bajo | Alto | Promedio | |
| Block Caving | 0,75 | 2,30 | 1,45 | 10,0 | 50,0 | 15,0 | 55,0 |
| Shrinkage | 1,75 | 9,00 | 4,05 | 3,0 | 12,0 | 9,0 | 57,0 |
| Cut and Fill | 1,16 | 4,50 | 2,05 | 10,0 | 150,0 | 14,0 | 44,0 |
| Gal. Lateral | 1,75 | 9,00 | 4,05 | 3,0 | 12,0 | 9,0 | 57,0 |
| Sub L. Stoping | 4,00 | 8,00 | 5,00 | 12,0 | 28,0 | 14,0 | 64,0 |

Fuene: Elaboración propia.

## Cuadro E
## Rango de geometría y distribución de leyes

| Método de explotación | Forma general | | | Potencia | | | Manto | | | | Distrib. Leyes | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | e | t/p | I | m/a | a | g | mg | S | i | p | u | G | e |
| Block Caving | 4 | 2 | 0 | -49 | -49 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 0 |
| Shrinkage | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Cut and Fill | 0 | 4 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Gal. Lateral | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| S. L. Stoping | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 |

Fuene: Elaboración propia en base a investigación.

Donde: e = equidimensional, t/p = tabular/plano, I = irregular, m/a = muy angosto, a = angosto, g = grueso, m/g = muy grueso, s = suave, i = intermedio, p = pronunciado, u = uniforme, G = gradacional y e = errático.

## Cuadro F
## Rango de características de mecánica de rocas (zona mineralizada)

| Método de explotación | Resistencia de la roca | | | Espaciamiento/fractura | | | | Resistencia a la fractura | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | M | R | MC | C | E | ME | D | M | R |
| Block Caving | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 3 | 0 | 4 | 2 | 0 |
| Shrinkage | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 3 | 4 | 0 | 2 | 4 |
| Cut and Fill | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| Gal. Lateral | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 3 | 4 | 0 | 2 | 4 |
| Sub L. Stoping | 1 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 2 | 1 |

Fuene: Elaboración propia en base a investigación.

# Anexo 5
## Plan integral de desarrollo de las cooperativas mineras de Oruro

**OBJETIVO GENERAL:** Fortalecer el cooperativismo minero.

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | COORDINACIÓN | RESULTADOS |
|---|---|---|---|
| Coadyuvar en la implementación de un nuevo sistema de producción. | * Implementar un sistema racional de explotación de yacimientos mineralógicos, adecuando la maquinaria y equipo que tienen, mediante:<br>- Exploración con equipos de diamantina.<br>- Explotación de acuerdo a D. E. Nicholas.<br>- Plantas de tratamiento de minerales, que cuenten con dique de colas y tanques de sedimentación para tratamiento primario de aguas contaminadas.<br>* Promover la creación de institutos de investigación, capacitación y educación para el cuidado del medio ambiente.<br>* Estudio detallado del proceso metalúrgico (concentración).<br>* Creación de un Comité Técnico para impulsar la exportación directa de minerales producidos. | Federaciones de las cooperativas, técnicos especializados e instituciones afines y de crédito. | Aprovechamiento integral de materias primas, evitando el deterioro de las minas.<br>Tratamiento conveniente de materiales de desecho. |
| Mitigar los residuos contaminantes producidos. | * Desarrollar una tecnología del sistema productivo limpio con programas de cooperación internacional.<br>* Ubicación de áreas para dejar desechos sólidos con la construcción del dique impermeabilizado.<br>* Manejo adecuado de los residuos.<br>* Preparación de carpetas.<br>* Búsqueda de financiamiento.<br>* Organización y coordinación con el Estado sobre tema ambiental. | Coordinación con el gobierno e instituciones medio ambientales. | Construcción de un dique de colas.<br>Práctica en el tratamiento de desechos de la producción minera. |
| Disminuir de presencia de aguas ácidas regulando el pH. | * Plan de tratamiento de aguas con cal u otro reactivo.<br>* Tratamiento de aguas ácidas para recirculación dentro el proceso.<br>* Uso adecuado de reactivos químicos en la concentración.<br>* Diseño y construcción de los tanques de sedimentación y posterior tratamiento de neutralización de aguas. | Coordinación con el gobierno e instituciones medio ambientales y cooperativas. | Agua de mina tratada.<br>Ahorro en el trabajo y sin problemas de corrosión |

(Continúa)

# Anexo 5 *(Continuación)*
## Plan integral de desarrollo de las cooperativas mineras de Oruro

**OBJETIVO GENERAL:** Fortalecer el cooperativismo minero.

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | COORDINACIÓN | RESULTADOS |
|---|---|---|---|
| Promover la minería cooperativizada hacia un manejo empresarial. | * Plan de capacitación técnico e integral en temas como la LGSC, Seguro Social, reglamentación de la Seguridad industrial, Salud Ocupacional, LMA, Código Minero, Uso y disposición de sustancias peligrosas, sistemas de administración y control contable y otros concernientes al sector.<br>* Implantar sistemas de planificación, organización, dirección y control. | Instituciones de apoyo. | Cooperativas bien organizadas, socios y socias conscientes del valor protagónico de su organización.<br>Cooperativa rentable. |
| Coadyuvar en el logro de una mayor producción minera. | * Conocer los recursos y reservas mineralógicas.<br>* Implementar un sistema de organización sistémica del trabajo.<br>* Implementar el método de explotación elegido con distribución del trabajo en interior mina y superficie.<br>* Gestionar prioritariamente la transferencia de maquinaria y equipos de Comibol y ExBamin. | Asistencia técnica en coordinación del Estado y Federaciones. | Generación de mayor ingresos para el sustento de sus familias.<br>Manejo de maquinaria y equipos en forma responsable. |

*(Continúa)*

# Anexo 5 *(Continuación)*
## Plan integral de desarrollo de las cooperativas mineras de Oruro

**OBJETIVO GENERAL:** Fortalecer el cooperativismo minero.

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | COORDINACIÓN | RESULTADOS |
|---|---|---|---|
| Lograr atención al sector a través de políticas minero metalúrgicas velando por la preservación medioambiental. | Lobby, presión y gestión en coordinación con la UTO, ALCALDÍA, PREFECTURA, ONGs y otros.<br>* Conformación de una red de instituciones en el ámbito minero metalúrgico.<br>* Creación de un Comité específico para la gestión medio ambiental, estableciendo un filtro selectivo para la obtención de licencias ambientales según tipo de cooperativa.<br>* Creación de un Comité específico para la canalización de créditos accesibles para el sector.<br>* Preparación de carpetas diferentes temas.<br>* Capacitación y campañas de concientización sobre medio ambiente. | Coordinación con el Estado, Gobierno Departamental Coordinación con el gobierno e instituciones medio ambientales y cooperativas e instituciones medio ambientales y cooperativas. | Contar con el apoyo decidido de la Sociedad Civil y el Estado.<br>Contar con licencia ambiental.<br>Lograr rentabilidad y liquidez en las sociedades cooperativizadas mineras. |
| Coadyuvar en logros sobre aspectos legales. | * Capacitación y concientización sobre la ley y reglamentos.<br>* Información, educación y difusión de Leyes y Reglamentos para que el cooperativista coadyuve en su cumplimiento.<br>* Consensuar Políticas de Legislación minera cooperativizada.<br>* Establecer filtro en el procedimiento de obtención de la licencia ambiental.<br>* Añadir el Sgte. Art. Ambiental dentro de estatutos y Reglamentos de las Cooperativas:<br>- "La Cooperativa Minera institución integral, realizará todas las medidas técnicas, sociales, culturales, necesarias para la protección del medio ambiente en todas sus operaciones y/o actividades mineras de acuerdo al Código de Minería, Ley 1333 y Reglamentos."<br>- "Ninguna Cooperativa Minera podrá solicitar su inscripción en Fedecomin sin previa verificación de las licencias ambientales correspondientes".<br>* Establecimiento efectivo de incentivos. | El Estado, gobierno departamental, instituciones técnicas y servicios. | Cumplimiento de la Ley por conocer sus deberes y obligaciones.<br>Cooperativas agrupadas para el trámite de Licencia Ambiental.<br>Existe acápites de medio ambiente dentro de sus reglamentos. |

# Autores

### Hans Möeller Schroeter

Licenciado en economía, con muchos años de experiencia en asesoramiento profesional de proyectos e investigaciones en el área social y minería tradicional y no tradicional en el sector estatal y cooperativizado, tanto en Bolivia como en Alemania. Es especialista en economía minera, en temas de producción, financiamiento e inversión. Ha elaborado varios documentos y memorias sobre la minería nacional y población rural de occidente. Es asesor de instituciones mineras y medioambientales. Miembro del colegio de economistas y contadores en Bolivia.

### Elvys Trujillo L.

Ingeniero de minas, con varios años de experiencia en la explotación de minas estatales y cooperativizadas. Ha realizado investigaciones y ha elaborado proyectos de exploración y explotación en el campo de la pequeña minería, comercialización de minerales tradicionales y aspectos del medio ambiente.

**Nelly Soria P.**

Ingeniera química con mención en medio ambiente. Ha realizado investigaciones en la minería cooperativizada y trabajos en el área de tratamiento de calidad de aguas industriales.

**Yovana Soria P.**

Es licenciada en Derecho, con investigaciones en el área social de los sectores periurbanos de Oruro. Trabaja en el tema de la legislación medioambiental en las cooperativas mineras.

Este libro se terminó de imprimir en el mes de julio de 2002,
en los Talleres de Editorial Offset Boliviana Ltda. "EDOBOL".
Calle Abdón Saavedra Nº 2101 – Telfs.: 241-0448 • 241-2282 • 241-5437
Fax: 242-3024 – Casilla 10495
La Paz - Bolivia